

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Laboratorní úloha - hlasová analýza**

**Laboratory Task - Voice Analysis**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Iveta Jamrozová**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3901R039 Biomedicínský technik  
Téma: Laboratorní úloha - hlasová analýza  
Laboratory Task - Voice Analysis  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce bude popsat a provést měření parametrů lidského hlasu v Centru pro poruchy sluchu a rovnováhy.

1. Teoretická část bude zaměřená na anatomii a fyziologii fonačního ústrojí a parametry lidského hlasu.
2. V praktické části bude prováděno objektivní vyšetření hlasu pomocí hlasové analýzy.
3. Výsledky budou prezentovány v grafech a tabulkách.
4. V závěru bude provedeno zhodnocení výsledků práce i přínosu pro praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] MRÁZKOVÁ, Eva. *Základy audiologie a metod objektivního vyšetření sluchu*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006, 111 s. ISBN 80-248-1129-4 (brož.)  
[2] RABINER, Lawrence R. a Ronald W SCHAFER. *Introduction to digital speech processing*. Breda: Now publishers Inc., 2007, 200 s. ISBN 978-1-60198-070-0.  
[3] ZAPLATÍLEK, Karel. *MATLAB: začínáme s grafy 2D a 3D*. V Tribunu EU vyd. 1. Brno: Tribun EU, 2012, 50 s. ISBN 978-80-263-0237-7.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **MUDr. Eva Mrázková, Ph.D.**

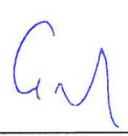
Konzultant bakalářské práce: doc. RNDr. Jindřich Černohorský, CSc.

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016

  
doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Ostravě dne: 29. dubna 2016

...*Jamozna*..  
podpis studenta

## **Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby**

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.“

Dne: 29. dubna 2016

..... MUDr. Eva MRÁZKOVÁ Ph.D.  
91 700 051  
podpis zástupce

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala paní MUDr. Evě Mrázkové, Ph.D. i všem pracovníkům v Centru pro poruchy sluchu a rovnováhy, kteří mi věnovali svůj čas a užitečné rady, umožnili mi pracovat na přístroji lingWAVES a s ochotou mě seznámili se vším, co jsem pro svou práci potřebovala.

Mé poděkování patří též panu doc. RNDr. Jindřichu Černožorskému, CSc. za odbornou pomoc, vstřícnost a čas, který mi věnoval při konzultacích mé bakalářské práce. Děkuji také panu Ing. Jaromíru Konečnému, Ph.D. za ochotu a cenné rady, týkající se praktické části mé práce.

## **Abstrakt**

Hlasová analýza může být použita k mnoha účelům, například k diagnostice nebo k prevenci poškození hlasu. Hlas může být snadno poškozen zejména jeho nadměrným nebo nesprávným používáním. V této práci jsou popsány základy anatomie, fyziologie a patologie hlasu. Hlavní část je zaměřena na akustickou analýzu. Je zde popsán postup měření na hlasovém diagnostickém centru lingWAVES. V rámci praktické části byly naměřeny parametry vybraných samohlásek systémem Vospector a zpracována databáze výsledků měření hlasu jednotlivých pedagogů. Výsledky byly porovnány, vyhodnoceny a následně vloženy do grafů. Pro lepší vizualizaci výsledků byla vytvořena aplikace, která umožňuje vykreslení hodnocení všech vybraných samohlásek současně. Tato aplikace odstraňuje nedostatek hlasového diagnostického centra, které je schopno sledovat výsledky jednotlivých samohlásek, avšak neumožňuje jejich srovnání. Další výhodou vytvořené aplikace je, že rozděluje parametry do více oblastí, což umožňuje přesnější hodnocení hlasu.

## **Klíčová slova**

hlas, tvorba hlasu, hlasová analýza, akustická analýza, zobrazení lidského hlasu, hlasové diagnostické centrum, Vospector, lingWAVES, poruchy hlasu

## **Abstract**

Voice analysis can be used for many purposes, e.g. diagnostics or voice damage prevention. The voice can be easily damaged especially by excessive or incorrect usage. This work describes basics of anatomy, physiology and pathology of voice. The major part is focused on acoustic analysis. It also describes the procedure of measurement on Voice Diagnostic Center lingWAVES. In the practical part the parameters of selected vowels were measured with the system Vospector. These obtained information were processed into the database of voice measurement results of individual pedagogues. Results were compared and evaluated and then inserted into graphs. To better visualize the results there was created an application that allows simultaneous rendering of selected vowels evaluations. This application eliminates the disadvantage of the Voice Diagnostic Center which is able to watch results of single vowel, however does not allow their comparison. Another advantage of created application is that it divides parameters into multiple areas, allowing more accurate evaluation of voice.

## **Key Words**

voice, voice production, voice analysis, acoustic analysis, human voice visualization, Voice Diagnostic Center, Vospector, lingWAVES, voice disorders

# Obsah

Seznam obrázků .....	10
Seznam grafů.....	11
Seznam tabulek .....	11
Úvod.....	12
1 Teoretická část.....	13
1.1 Anatomie lidského hlasového ústrojí .....	13
1.1.1 Dýchací ústrojí .....	13
1.1.2 Fonační ústrojí.....	13
1.1.3 Vokální trakt.....	14
1.1.4 Artikulační ústrojí .....	14
1.2 Fyziologie lidského hlasového ústrojí.....	15
1.2.1 Vznik hlasu.....	15
1.2.1.1 Funkce fonačního ústrojí.....	16
1.2.1.2 Funkce vokálního traktu.....	16
1.2.1.3 Funkce artikulačního ústrojí.....	17
1.2.1.4 Mozkové řečové centrum .....	17
1.3 Fyzikální pohled na zvuk .....	18
1.4 Diagnostika hlasových funkcí .....	19
1.4.1 Akustická fonetika.....	19
1.4.1.1 Multidimenzionální analýza.....	20
1.4.1.2 Spektrální analýza .....	20
1.4.1.3 Hlasové pole.....	20
1.4.2 Auditivní fonetika .....	20
1.4.3 Hlasové parametry.....	21
1.4.3.1 Možnosti naměřených parametrů hlasu z pohledu akustické analýzy.....	21
1.4.3.2 Základní vlastnosti lidského hlasu z fyzikálního pohledu.....	22
1.4.4 Konkrétní příklady programů pro akustickou analýzu .....	23
1.4.5 Základní předpoklady pro kvalitní analýzu hlasu .....	24
1.5 Nemoci hlasového ústrojí a poruchy řeči .....	25



2	Praktická část .....	27
2.1	Aplikace zpřesňující hodnocení hlasové analýzy .....	27
2.1.1	Přínosy aplikace .....	27
2.1.2	Design aplikace a průběh programování .....	28
2.1.3	Problematika vykreslení hodnot .....	28
2.1.4	Testování aplikace .....	29
2.1.4.1	Kontrola povoleného rozmezí .....	29
2.1.4.2	Kontrola formátu hodnot .....	30
2.1.4.3	Kontrola prázdných polí .....	31
2.2	Popis programu: Voice Diagnostic Center (VDC) .....	32
2.2.1	Fonetografie .....	32
2.2.2	Profil mluveného hlasu .....	32
2.2.3	Zkouška hlasové zátěže .....	32
2.2.4	Vospector-DSI .....	33
2.2.5	Spektrografická analýza .....	33
2.2.6	Srovnávání VDC měření .....	33
2.3	Měření přístrojem Voice Diagnostic Center .....	34
2.3.1	Příprava přístroje na měření .....	34
2.3.2	Průběh měření .....	36
2.3.2.1	Phonetogram VDC – záznam .....	36
2.3.2.2	Vospector – záznam .....	38
2.4	Výsledky .....	39
2.4.1	Charakteristika souboru .....	39
2.4.2	Posuzované parametry .....	40
2.4.3	Hodnocení získaných výsledků .....	42
2.4.3.1	Hodnocení samohlásky „a“ .....	42
2.4.3.2	Hodnocení samohlásky „i“ .....	44
2.4.4.1	Hodnocení samohlásky „u“ .....	46
2.5	Ukázka aplikace .....	48
	Závěr .....	53
	Seznam použité literatury .....	55
	Seznam příloh .....	58

## Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Stavba hrtanu, pohled zboku a zepředu.....</i>	13
<i>Obr. 2: Vokální trakt a artikulační ústrojí člověka .....</i>	14
<i>Obr. 3: Modely pro generování lidského hlasu.....</i>	15
<i>Obr. 4: Schematický pohled na hlasivky shora .....</i>	16
<i>Obr. 5: Řečové oblasti mozkové kůry.....</i>	17
<i>Obr. 6: Tón o frekvenci 100 Hz, tón o frekvenci 200 Hz a výsledný tón, složený z těchto dvou frekvencí .....</i>	18
<i>Obr. 7: Tón o frekvenci 100 Hz, šum a výsledný tón, který vznikl jejich složením.....</i>	18
<i>Obr. 8: Chyba v zadání parametru – hodnota dané samohlásky je mimo povolené rozmezí .....</i>	30
<i>Obr. 9: Chyba v zadání parametru – hodnota dané samohlásky nemá správný formát .....</i>	30
<i>Obr. 10: Chyba v zadání parametru – nejsou vyplněna všechna pole dané samohlásky.....</i>	31
<i>Obr. 11: SPL metr upevněný na stojanu .....</i>	34
<i>Obr. 12: SPL metr – zapojení kabelů.....</i>	35
<i>Obr. 13: SPL metr – pohled shora .....</i>	35
<i>Obr. 14: Phonetogram VDC – ukázka .....</i>	36
<i>Obr. 15: DSI – ukázka.....</i>	37
<i>Obr. 16: Vospector – ukázka analýzy samohlásek .....</i>	38
<i>Obr. 17: Záznam vyšetření míry poškození čtyř parametrů samohlásky „u“ .....</i>	41
<i>Obr. 18: Záznam vyšetření míry poškození čtyř parametrů samohlásky „i“ .....</i>	41
<i>Obr. 19: Vykreslení naměřených hodnot samohlásky „u“ – vzorek č. 1 v programu lingWAVES .....</i>	49
<i>Obr. 20: Vykreslení naměřených hodnot vzorku č. 1 ve vlastní aplikaci .....</i>	50
<i>Obr. 21: Vykreslení naměřených hodnot samohlásky „u“ – vzorek č. 2 v programu lingWAVES .....</i>	51
<i>Obr. 22: Vykreslení naměřených hodnot vzorku č. 2 ve vlastní aplikaci .....</i>	51
<i>Obr. 23: Vykreslení naměřených hodnot samohlásky „u“ – vzorek č. 3 v programu lingWAVES .....</i>	52
<i>Obr. 24: Vykreslení naměřených hodnot vzorku č. 3 ve vlastní aplikaci .....</i>	52

## Seznam grafů

<i>Graf 1: Procentuální rozložení sledovaných jedinců podle pohlaví .....</i>	<i>39</i>
<i>Graf 2: Rozdělení hlasových profesionálů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „a“ .....</i>	<i>42</i>
<i>Graf 3: Rozdělení žen podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „a“ .....</i>	<i>43</i>
<i>Graf 4: Rozdělení mužů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „a“ ....</i>	<i>43</i>
<i>Graf 5: Rozdělení hlasových profesionálů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „i“ .....</i>	<i>44</i>
<i>Graf 6: Rozdělení žen podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „i“ .....</i>	<i>45</i>
<i>Graf 7: Rozdělení mužů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „i“ ....</i>	<i>45</i>
<i>Graf 8: Rozdělení hlasových profesionálů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „u“ .....</i>	<i>46</i>
<i>Graf 9: Rozdělení žen podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „u“ .....</i>	<i>47</i>
<i>Graf 10: Rozdělení mužů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „u“ ..</i>	<i>47</i>

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Číselné rozdělení oblastí míry poškození u jednotlivých parametrů – ve vytvořené aplikaci .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 2: Číselné i slovní hodnocení indexu DSI .....</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 3: Číselné rozdělení oblastí míry poškození u jednotlivých parametrů – v lingWAVES .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 4: Naměřené hodnoty vybraných samohlásek – vzorek č. 1 .....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 5: Naměřené hodnoty vybraných samohlásek – vzorek č. 2 .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 6: Naměřené hodnoty vybraných samohlásek – vzorek č. 3 .....</i>	<i>52</i>

# Úvod

Hlas je jedním ze základních prvků komunikace, který spolu s výrazem obličeje a gestikulací dává člověku možnost dorozumívání na velmi vysoké úrovni. S využitím hlasového ústrojí jsme schopni mluvit a zpívat, ale také vyjadřovat emoce (smích, pláč, výkřik...). Hlasový projev, především jeho využití k tvorbě řeči a zpěvu, jsme si osvojili během evoluce. Pro mnoho lidí je dnes hlas také součástí zaměstnání, ať už ve formě řeči nebo zpěvu. Velká část lidí svůj hlas denně přetěžuje a ani se nezamyslí nad možností poškození svého hlasu jeho nesprávným užíváním. Omezení hlasové funkce nebo její úplná ztráta přitom může vzniknout naší vinou a nedostatečnou péčí.

Hlas je z fyzikálního hlediska zvuková vlna, která vzniká mechanickým kmitáním hlasivek, můžeme jej proto zaznamenat a analyzovat. Dříve se pro vyšetření hlasu používala především auditivní analýza, neboli vyšetření pacienta poslechem, jejíž výsledek je ale značně závislý na subjektivním hodnocení vyšetřujícího. S vývojem počítačové techniky byly objeveny nové možnosti analýzy hlasu, založené na výpočtech a měření hlasových parametrů počítačovými programy. Tyto možnosti jsou shrnuty pod akustickou analýzou, která je objektivní a také přesnější. Dnes se pro vyšetření využívá především akustická analýza, ale základní rozhodnutí o tom, jestli je pro pacienta nutné jít na vyšetření, je stále ponecháno na auditivní analýze.

Hlasová analýza může být využita pro kontrolu funkce hlasu s cílem vyřešit problémy spojené s hlasovou tvorbou. Dále ji mohou využít například profesionální zpěváci nebo herci, kteří chtějí svůj hlas vylepšit nebo také chránit před případným poškozením, které by mohlo vzniknout nesprávným nebo nadměrným užíváním. Ze stejných důvodů může hlasovou analýzu podstoupit kdokoli, kdo chce o svůj hlas pečovat. V případě již vzniklého poškození hlasu, slouží hlasová analýza k nalezení efektivního způsobu léčby a kontrole jejího průběhu. Také může být použita v kriminalistice pro identifikaci mluvčího nebo na detektorech lži. Dále můžeme touto analýzou rozpoznat různé emoce v hlase, a odhalit tak pojišťovací podvody, ale také například předcházet sebevraždám. V neposlední řadě může sloužit k predikci Parkinsonovy nebo Huntingtonovy choroby.

Pro analýzu hlasu mohou být použity různé vyšetřovací metody. Subjektivní hodnocení je například index poruch hlasu, který se určuje tak, že pacient bodově ohodnotí, v jakých situacích každodenního života se cítí být omezován poškozením hlasu. Mezi objektivní metody pak patří například fonetografie, profil mluveného slova, zkouška hlasové zátěže, Vospector a spektrografická analýza. Pro tyto metody je již potřeba kvalitní hardware a software pro nahrávání a analýzu hlasového signálu.

Teoretická část bakalářské práce je věnována popisu anatomie a fyziologie hlasového ústrojí, definici hlasu z fyzikálního hlediska, základnímu rozdělení hlasové analýzy a také patologii hlasového ústrojí. Především je v ní vysvětleno, jak a kde vzniká hlas, jsou zde popsány jednotlivé možnosti analýzy hlasu a hlasové parametry z pohledu fyzikálního i akustického.

V praktické části je popsáno hlasové diagnostické centrum lingWAVES a možnosti měření, které nabízí. V této části je také uveden průběh měření hlasových parametrů, které bylo provedeno. Dále je zde zpracována databáze vyšetření hlasu 495 pedagogů. Poškození jejich hlasu je posuzováno na samohláskách „a“, „i“, „u“. Hodnocenými parametry jsou míra dyšnosti, nepravidelnost, šum a celkové poškození hlasu. Výsledky jsou poté vyhodnoceny a zobrazeny na obrázcích a v grafech. Pro tuto část práce byla také vytvořena aplikace, která umožňuje lepší vizuální představu o poškození hlasu.

# 1 Teoretická část

## 1.1 Anatomie lidského hlasového ústrojí

Základem hlasového ústrojí člověka jsou plíce, hlasivky a rezonanční dutiny. Na jejich vzájemné spolupráci závisí tvorba lidského hlasu.

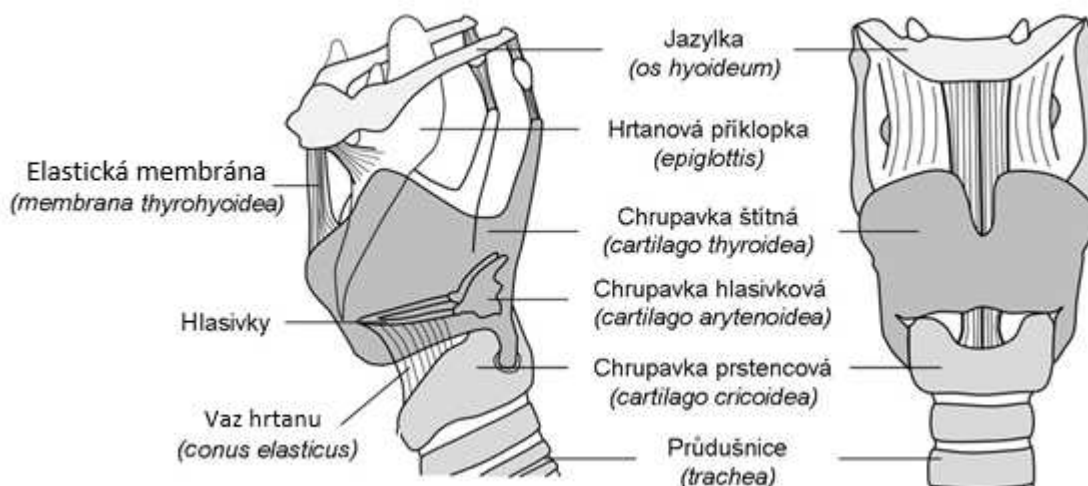
### 1.1.1 Dýchací ústrojí

Základem jsou plíce, párový orgán, tvořený pěti laloky, které se dále dělí na segmenty. Součástí plic je průduškový strom a plicní sklípky. Maximální objem vzduchu je 5 až 7 litrů, v závislosti na faktorech jako jsou pohlaví, zdraví a kondice jedince. Pro tvorbu hlasu jsou důležité plíce, průdušnice, dýchací svaly, břišní svaly a mezižeberní svaly. Hlavním dýchacím svalem je bránice.

### 1.1.2 Fonační ústrojí

Fonační ústrojí je složeno z hrtanu, svalů hrtanu a hlasivek. Hrtan je spojen vazivovou membránou s jazykou a skládá se z nepárových a párových chrupavek. Mezi nepárové hrtanové chrupavky patří chrupavka štítná, prstencová a příklopka hrtanová. Chrupavka štítná je známá jako ohryzek a u mužů je dobře viditelná. Párové jsou chrupavky hlasivkové, které jsou spojeny s chrupavkou štítnou, hlasivkovými svaly a vazy. Hlasivky jsou uchyceny mezi chrupavkou štítnou (vepředu) a chrupavkami hlasivkovými (vzadu). Jejich uložení v hrtanu při různých hlasových aktivitách můžeme vidět na *Obr. 4* a stavbu hrtanu na *Obr. 1*. Hlasivky jsou tvořeny vazivovou částí, blanitou částí a hlasivkovými svaly, v dospělosti jsou dlouhé v průměru 1,5 cm až 2,5 cm. Pohyb jmenovaných částí je umožněn hrtanovými svaly. Ty se dělí na vnitřní (podílí se na fonaci, ovlivňují velikost hlasové štěrbiny) a vnější (opora hrtanu, udržuje pozici hrtanu, ovlivňuje pohyb chrupavek a jazyky).

[1, 9, 4, 2]



*Obr. 1: Stavba hrtanu, pohled z boku a zepředu [4; upraveno]*

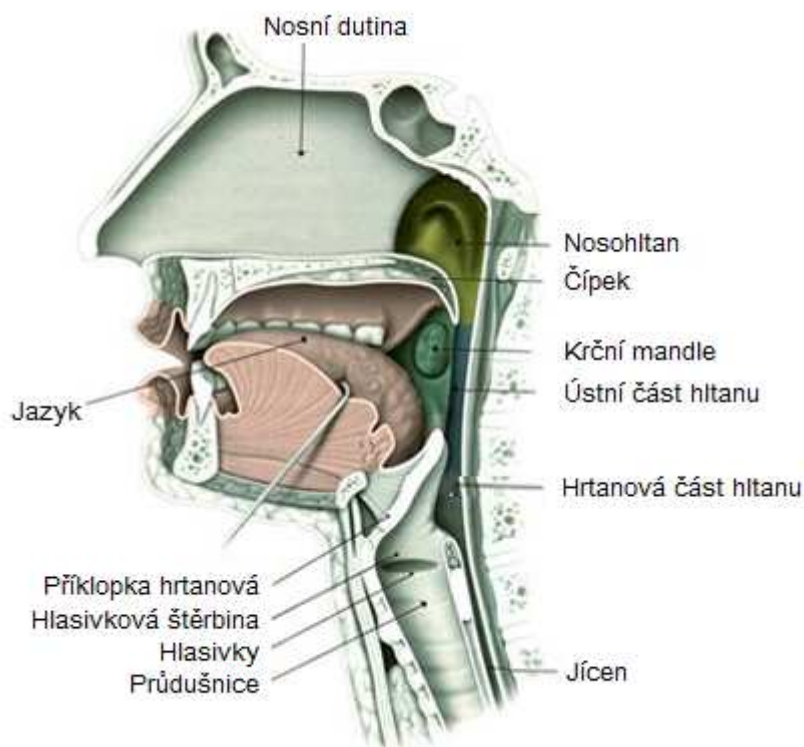
### 1.1.3 Vokální trakt

Vokální trakt se nachází nad hrtanem a skládá se ze tří rezonančních dutin (hltanová, ústní a nosní). Při fonaci prochází zvuk nejprve hltanovou dutinou, která se skládá z ústní a hrtanové části hltanu a nosohltanu. Její velikost ovlivňují především hltanové svaly, ale také například hrtan nebo jazyk. Dále zvuk pokračuje do dutiny ústní, která se nachází mezi hltanovou dutinou a rty. Velikost této dutiny je opět proměnná. Součástí ústní dutiny je horní a spodní ret, měkké a tvrdé patro, jazyk, zuby, a uvula (čípek). Poslední rezonanční dutinu tvoří dutina nosní a vedlejší nosní dutiny. Z vnitřní strany je přilehlé měkké patro, které ji uzavírá při polykání potravy.

### 1.1.4 Artikulační ústrojí

Většina mluvních orgánů je umístěna v dutině ústní. Mezi artikulační orgány řadíme jazyk, rty, zuby, dolní čelist, hlasivky a měkké patro. Hlavní pohyblivou funkci při tvorbě slov zastává jazyk. Je tvořen svaly intraglosálními, které jsou uvnitř jazyka a umožňují změnit tvar jazyka, a extraglosálními, které jsou ukotveny například v dutině ústní nebo na jazylce a pohybují celým jazykem. Vokální trakt je zobrazen spolu s artikulačním ústrojím na Obr. 2 a jednotlivé části jsou popsány latinsky.

[1, 4, 2, 9]



Obr. 2: Vokální trakt a artikulační ústrojí člověka [9; upraveno]

## 1.2 Fyziologie lidského hlasového ústrojí

### 1.2.1 Vznik hlasu

Lidské hlasové ústrojí je založeno na společném fungování čtyř ústrojí. Patří mezi ně respirační ústrojí, fonační ústrojí, vokální trakt a artikulační ústrojí. Respirační trakt nám slouží primárně k dýchání, ale je také nezbytnou součástí při vzniku řeči. Při produkci řeči a zpěvu je dýchání podřízeno naší vůli, zkracuje se doba nádechu a prodlužuje doba výdechu, a tím vzniká plynulejší hlasový projev. Proud vzduchu se při průchodu fonačním ústrojím mění ve zvuk díky zúžení hrtanu a rozvibrování hlasivek. Při rozvibrování hlasivek se střídavě uzavírá a otevírá otvor, kterým prochází vzduch, čímž vzniká primární akustický signál o určité frekvenci. Pomocí svalů v hrtanu jsme pak schopni regulovat pozici hlasivek, a tím měnit kvalitu a výšku hlasu. Takto vzniklý zvuk dále prochází rezonančními dutinami, mezi které patří dutina ústní, nosní a hltanová. Změnou rezonančního prostoru v těchto dutinách jsme pak schopni upravit zvuk, který používáme při řeči a zpěvu. Kromě řeči a zpěvu může v lidském hlasovém ústrojí vznikat také šepot a chrapot. Při šepotu hlasivky nekmitají, slyšíme pouze turbulenci vzduchu, která vznikla specifickým postavením hlasivek. Chrapot vzniká nepravidelným kmitáním hlasivek. Finální úprava lidského hlasu je dokončena v artikulačním ústrojí. Správná pozice jazyka, rtů, měkkého patra a zubů (respektive dolní čelisti) je nezbytná pro formulaci hlásek a slov.

[1, 4, 2, 3, 5]

### Tónická teorie vzniku hlasu

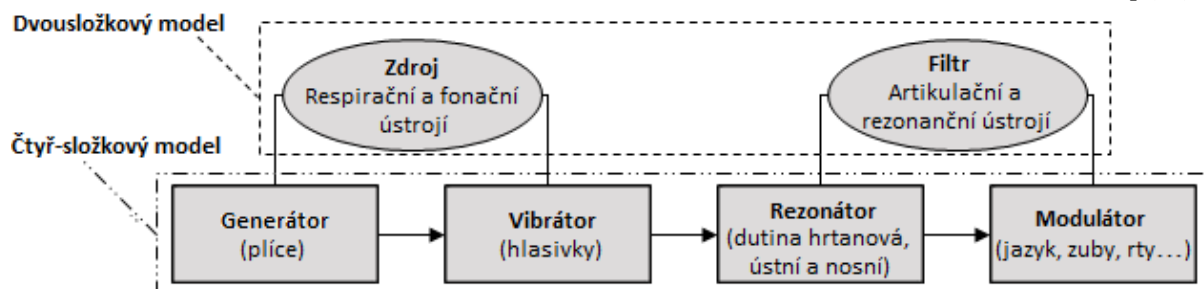
Lidský hlas vzniká činností hlasivkových svalů a vlivem tlaku, působícímu na hlasivky, při výdechu. Podle této teorie vzniká nad hlasivkami podtlak a pod nimi přetlak, protože je proud vzduchu při výdechu zpomalený sevřením hlasivek. Jakmile vzduch překoná jejich napětí, hlasivky se od sebe oddálí a po rychlém vyrovnání tlaků se opět přiblíží do původní polohy. Celý jev se periodicky opakuje, dokud hlasivkami protéká dostatečné množství vzduchu. Tento periodický pohyb hlasivek je definován jako vibrace neboli kmitání hlasivek.

[2, 3, 6, 7]

### Modely funkce hlasového ústrojí

Tvorbu řeči lze nejlépe popsat dvěma zjednodušenými modely. Prvním z nich je čtyř-složkový model, který se skládá z generátoru (plíce), vibrátoru (hlasivky), rezonátoru (dutina nosní, ústní a hrtanová) a modulátoru (jazyk, zuby, rty...). Druhou možností je dvousložkový model, skládající se ze zdroje (respirační a fonační ústrojí) a filtru (artikulační a rezonanční ústrojí), který upraví vzniklý zvuk. Obr. 3 popisuje oba zjednodušené modely pro generování hlasu.

[5, 7, 9]

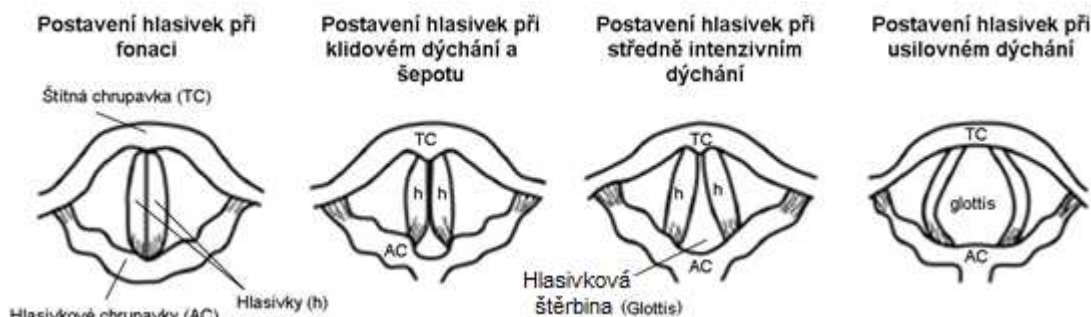


Obr. 3: Modely pro generování lidského hlasu (Vytvořeno podle [5, 7])

### 1.2.1.1 Funkce fonačního ústrojí

Hlavní části fonačního ústrojí, která se podílí na tvorbě hlasu, jsou hlasivky a hrtanové svaly. Díky stahování těchto svalů a pohybu hrtanových chrupavek dochází k napínání hlasivek, a tím se upravuje velikost hlasové štěrbiny. Při fonaci se hlasivky přiblíží k sobě, poté dochází k pravidelné vibraci hlasivek, a tím k tvorbě zvuku. Vnější svaly ovlivňují kvalitu hlasu při zpěvu a vnitřní svaly frekvenci hlasu. Na *Obr. 4* můžeme vidět, jak se mění postavení hlasivek při jednotlivých hlasových a dechových úkonech.

[1, 4, 2, 6, 3]



*Obr. 4: Schematický pohled na hlasivky shora [4; upraveno]*

### 1.2.1.2 Funkce vokálního traktu

Základem vokálního traktu jsou rezonanční dutiny, které dávají zvuku, vzniklému na hlasivkách, lidské zabarvení.

*Dutina hltanová* – Tvoří významný rezonanční prostor pro vznik řeči a ovlivňuje akustické vlastnosti vokálního traktu. Skládá se z nosohltanu a také z ústní a hrtanové části hltanu. Velikost a tvar této dutiny můžeme ovlivnit pohybem svalů hltanu a také pozicí hrtanu, jazyka a měkkého patra.

*Dutina ústní* – Dutina ústní je na jedné straně ohraničena rty a na druhé dutinou hltanovou. Její objem měníme pohybem čelistí, rtů a jazyka. Dutina ústní hraje nejdůležitější roli při výslovnosti a dorozumívání, protože se její rezonanční prostor podílí na tvorbě každé hlásky. Při tvorbě souhlásek je dutina ústní rozdělena jazykem a vzniká tak charakteristická výška šumu.

*Dutina nosní* – Využívá se při výslovnosti nosových hlásek. Při většině hlásek je vstup do nosní dutiny uzavřený měkkým patrem, stejně jako při polykání potravy. Při dýchání je průchod volný a můžeme dýchat nosem.

Při poruchách činnosti měkkého patra vzniká huhňavost. Průchod do nosní dutiny je buď trvale otevřen, nebo není dostatečně zavřen. Tím vzniká podobný hlas jako při rýmě. Další porucha, která ovlivňuje hlasový projev, je například vrozený rozštěp patra.

[1, 2, 4, 9]



### 1.2.1.3 Funkce artikulačního ústrojí

Podílí se na tvorbě hlásek a konečné úpravě hlasového projevu. Bez správné artikulace by lidé nebyli schopni mezi sebou dobře komunikovat.

*Aktivní artikulační orgány* – Patří mezi ně dolní čelist, měkké patro, jazyk, rty a také hlasivky, pokud se nezaměříme pouze na dutinu ústní. Každá z těchto částí je schopna samostatného pohybu a tím mění podmínky pro vznik hlasu i samotný hlas. Například pohybem čelisti upravujeme srozumitelnost a vzdálenost, na kterou lze mluvenou řeč slyšet. Rty svým pohybem ovlivňují rezonanci dutiny ústní a u některých hlásek tvoří hrazení. Jazyk je při artikulaci vždy aktivní, je nejpohyblivější a pro konečnou úpravu hlásek je nezbytný.

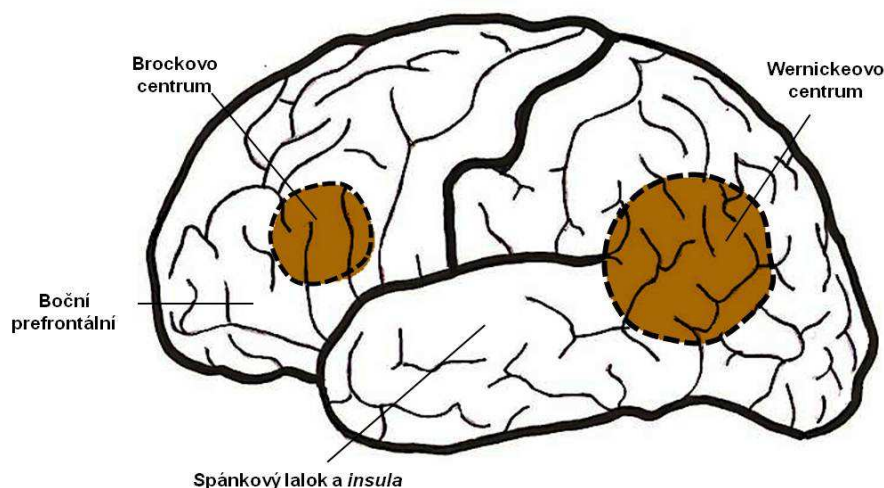
*Pasivní artikulační orgány* – Do této skupiny patří střední a zadní patro, zuby, rty a dásně. Při tvorbě hlásek je důležitá hlavně vzájemná spolupráce mluvních orgánů. Pro vylepšení výslovnosti a plynulosti projevu je důležité tuto spolupráci vnímat a pochopit.

[2, 4, 9]

### 1.2.1.4 Mozkové řečové centrum

Na tvorbě řeči se podílí různou měrou celý mozek. V oblasti čelního laloku se nachází Brockova oblast, která řídí tvorbu řeči. Je umístěna v dominantní hemisféře mozku, což je u praváků levá. Pravá hemisféra má pak většinou na starost krátkodobou paměť slov a také citové zabarvení v hlase. U leváků je tomu naopak. Další řečová oblast je Wernickeova, která zajišťuje porozumění řeči a boční prefrontální kůra, díky které jsme schopni analyzovat mluvené slovo. Koordinaci sluchových a zrakových vjemů řeči nám umožňuje spánkový lalok. Poslední oblastí, používanou při tvorbě řeči, je vnitřní lalok, který je důležitý pro artikulaci, rytmus a změnu tónu při řeči. Grafické znázornění je vidět na Obr. 5.

[8, 2]



Obr. 5: Řečové oblasti mozkové kůry [8]

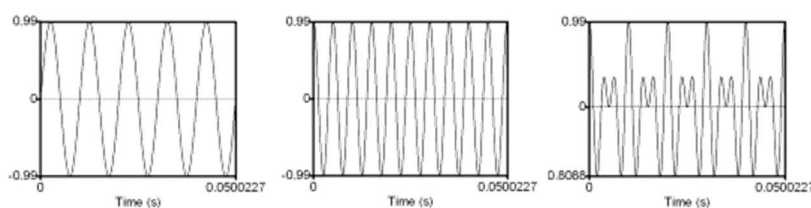
### 1.3 Fyzikální pohled na zvuk

Při vzniku hlasu, stejně jako zvuku všeobecně, musí dojít k mechanickému kmitání molekul, nebo přesněji v našem případě, k rychlým změnám tlaku vzduchu a kmitání hlasivek. Zvuk se šíří v plynném, pevném i kapalném prostředí. Příkladem pro každé z nich může být lidský hlas, údery tyčí na kolejnici při ohlašování požáru, nebo komunikace velryb. Při šíření zvuku předávají jednotlivé kmitající molekuly svou získanou kinetickou energii sousedním molekulám a úbytkem této energie dochází k útlumu zvuku a později až k jeho zániku. Rychlost šíření zvuku je přímo závislá na prostředí, ve kterém se šíří, a na jeho hustotě, přesněji na vzdálenosti a vazbách mezi jednotlivými molekulami. Zvuk jako takový je vlna s určitou frekvencí a dalšími fyzikálními vlastnostmi jako je vlnová délka, perioda atd. Frekvenční rozsah zvuku, který je pro člověka slyšitelný, je od 20 Hz do 20 kHz, pod touto hranicí se jedná o infrazvuk a nad touto hranicí jde o ultrazvuk. Frekvence lidského hlasu se pohybuje od 30 Hz do 3 kHz. Tyto hodnoty jsou pro každého jedince individuální a určují je faktory jako pohlaví, stáří, nemoci a jiné. Kvalita a vlastnosti zvuku vyplývají z jeho výšky, intenzity, hlasitosti, barvy a kvantity a dají se tréninkem vylepšovat.

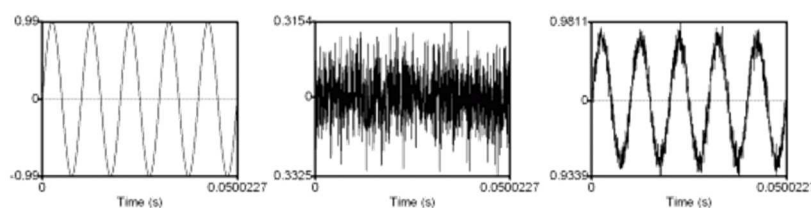
[6, 7, 2]

Zvuky jsou buď pravidelné, nebo nepravidelné vlny, vnímáme je jako tóny nebo hluk. Hlukem se myslí šumy nebo zvuky v přírodě, jako například praskání a skřípání. Tóny mohou být jednoduché nebo složené. V běžném životě se setkáváme převážně se složenými tóny, často ještě v kombinaci s hlukem, například při řeči nebo v přírodě. Na obrázcích 5 a 6 můžeme vidět příklad skládání tónů, které lze v životě běžně zaslechnout. Na *Obr. 6* skládáme dvě sinusoidy o různé frekvenci, čímž vzniká pravidelný tón z nich složený. Na *Obr. 7* skládáme sinusoidu a šum, výsledný záznam jsme pak schopni potkat v běžném životě nejčastěji, protože se nám jen málokdy povede docílit, aby bylo prostředí zcela bez šumu a hluku. Hlas lze popsat frekvenčním spektrem, které se skládá z harmonických složek signálu. První harmonická složka udává výšku tónu a vyšší harmonické složky určují barvu tónu.

[6, 7]



*Obr. 6: Tón o frekvenci 100 Hz, tón o frekvenci 200 Hz a výsledný tón, složený z těchto dvou frekvencí [2]*



*Obr. 7: Tón o frekvenci 100 Hz, šum a výsledný tón, který vznikl jejich složením [2]*

## 1.4 Diagnostika hlasových funkcí

Důvody pro analýzu hlasu jsou různé. Základem zůstává vyšetření pro lékařské účely, tedy kontrola správné funkce hlasu s cílem vyřešit nějaký anatomický nebo fyziologický problém. Dalším důvodem je vylepšení hlasu a jeho správné užívání. Toho využívají převážně profesionální zpěváci, případně lidé, kteří mají při produkci hlasu problémy (například po nemoci nebo operaci). V neposlední řadě může být akustická analýza využita také pro účely rozeznání mluvčího nebo emocí volajícího při telefonním hovoru (v kriminalistice, při odhalování pojišťovacích podvodů). [12, 14, 1]

V posledních letech značně pokročil výzkum, který zkoumá možnosti využití hlasové analýzy pro predikci onemocnění např. Parkinsonovy nebo Huntingtonovy choroby. Specifické vady hlasu a řeči souvisí s tím, že při těchto chorobách je poškozena určitá oblast mozku. Bylo tak zjištěno, že tyto nemoci poškozují mnohé parametry hlasu a některé se dají odhalit ještě před vlastním projevem nemoci. Hlasová analýza by tak mohla pomoci včasné léčbě těchto nemocí a omezit tak jejich účinky. Také se zkoumá možný vliv antipsychotik na vznik hlasových poruch. Tím by mohlo být omezeno poškození hlasu, které vzniká při výše jmenovaných, ale také mnohých dalších, chorobách. [22, 23, 24]

Pro lékařské účely se využívá laryngoskopie a laryngostroboskopie. Tyto metody mohou být použity pro vizuální diagnostiku nedostatků hlasového ústrojí, nebo při zákrocích na něm. Při laryngostroboskopii jsou kmitající hlasivky osvětlovány. Světlo se s nimi synchronizovaně pohybuje a tím vytváří pohled na hlasivky, který nám připadá relativně klidný. Poté můžeme pozorovat změny v pravidelnosti a amplitudě kmitání hlasivek, v závislosti na osvětlené fázi kmitu. Můžeme tak posoudit, jestli je fyziologie hlasu v pořádku. Také můžeme použít pneumografii (pozorování dýchacích pohybů, především během fonace), pneumotachografii (rychlost a množství dechu použitého při fonaci).

[12, 13, 1]

V této práci je především kladen důraz na akustickou fonetiku, případně také auditivní fonetiku, které zkoumají lidský hlas jako akustický signál, bez ohledu na mechanismy, které se podílely na jeho vzniku.

### 1.4.1 Akustická fonetika

Objektivně studuje lidskou řeč fyzikálními metodami jako celek. Toto odvětví výzkumu se velmi rychle rozvíjí a objevují se nové a kvalitnější metody analýzy zvuku. Pokrok ve výzkumu souvisí zejména s vylepšováním počítačů a schopností vyhodnocování výsledků analýz pomocí stále lépe vypracovaných modelů. Získané výsledky jsou pak využity pro dokonalejší poznání lidské řeči a snadnější komunikaci mezi lidmi a stroji. Dále je možno výsledky využít k identifikaci mluvčího nebo jako detektory lži, například v kriminalistice. Můžeme tak odhalit a dokázat zločiny, zabránit pojišťovacím podvodům nebo například předejít sebevraždám díky rozlišení emocí v hlase.

#### Metody akustické analýzy

Používané programy mohou být založeny na analýze časových a akustických parametrů, na spektrální analýze nebo se mohou zaměřovat na vyšetření hlasového pole. Dnes se používají také různé kombinace těchto programů. Pro zjištění správné funkce hlasivek můžeme také použít elektromyografii (měření činnosti vnitřních svalů hrtanu při fonaci), videokymografii (záznam kmitání hlasivek a objektivní posouzení vlastností kmitání), elektrolottografii (sledování změn elektrického odporu při kmitání hlasivek).

#### **1.4.1.1 Multidimenzionální analýza**

Zabývá se hlavně popisem frekvenčního a amplitudového kolísání (popsány v naměřených parametrech), dále pak zastoupením šumu v hlase a dalšími odvozenými parametry. Pro získání těchto parametrů se používá akustická analýza časových a signálových parametrů (graf, ve kterém jsou zobrazeny měřené parametry, jejich normální hodnota a naměřená hodnota u konkrétního pacienta). Hodnotí kvalitu hlasu a fonaci hlásky „a“, výsledky jsou objektivní a dobře popisují průběh léčby, ale závisí na zkušenostech odborníka, jak je zhodnotí. Další možností je Hoarseness diagram, kterým můžeme definovat typ a úroveň poškození hlasu. Graf ukazuje závislost nepravidelného kmitání hlasivek na zastoupení šumu v hlase.

#### **1.4.1.2 Spektrální analýza**

Základem je určit spektrální složení hlasu, rozložení akustické energie v závislosti na frekvenci jednotlivých harmonických složek. Lze zobrazit ve 2D i 3D grafu, také můžeme nastavit různé barevné rozlišení, případně úsek, se kterým chceme dále pracovat. Pro výpočet spektra je důležitá Fourierova analýza. Také se využívá dlouhodobé spektrum (LTAS), které zaznamenává rozložení energie přes filtr za delší časový úsek. Filtry mohou být úzkopásmové (45 Hz široké pásmo, zaznamenává jednotlivé složky hlasu) nebo širokopásmové (300 Hz široké pásmo, zaznamenává formanty). Jsme schopni rozlišit zastoupení šumu v hlase a také tvar vyšších harmonických tónů. Výsledkem je zhodnocení kvality a znělosti hlasu.

#### **1.4.1.3 Hlasové pole**

Umožňuje kvalitativní popis rozsahu hlasu. Jedná se o graf, který popisuje závislost výšky (frekvence) hlasu na akustickém tlaku (hlasitosti). Zásadní jsou pro nás hlavně maximální a minimální hodnoty hlasitosti a frekvence. Pomocí obrysových částí hlasového pole můžeme určit hlasové rejstříky. V grafu hlasového pole je zaznačen mluvní i zpěvní hlas. Můžeme také zaznamenávat prodlouženou fonaci, zvolání, počítání a hlasitou řeč.

Data můžeme zpracovávat pomocí fonetogramu (profil hlasového rozsahu), zkouškou hlasové zátěže a dále potřebnými výpočty. Naměřené vlastnosti hlasu můžeme ukládat a později z nich vyčíst pokrok, který pacient v průběhu léčby udělal.

#### **1.4.2 Auditivní fonetika**

Základem je analýza a hodnocení řeči sluchem. Není tak přesná jako akustická analýza, protože vnímání sluchem je subjektivní a omezené schopností vnímání člověka. Pomáhá přirozenou cestou zhodnotit ty části řeči, které jsou pro nás při poslechu nejdůležitější.

S vývojem počítačových programů a akustického zkoumání se dají upřesňovat a rozšiřovat poznatky, které byly zjištěny auditivní analýzou. I nadále zůstává auditivní fonetika základem při vyšetření hlasu a teprve poté se přesněji vyšetřují podezřelé oblasti přístroji.

[2, 6, 1, 7]

### 1.4.3 Hlasové parametry

#### 1.4.3.1 Možnosti naměřených parametrů hlasu z pohledu akustické analýzy

*Intenzita hlasu* – Akustický tlak hlasu, více popsáno u pojmu síla hlasu.

*Základní hlasová frekvence* – Jedná se o frekvenci, která zastupuje hlavní harmonickou složku spektra, ostatní harmonické složky hlasu jsou násobky této frekvence. Více rozepsáno u pojmu výška hlasu.

*Hlasové pole* – Zobrazuje graf závislosti hlasové frekvence a hladiny akustického tlaku. Podrobněji je vysvětleno v metodách akustické analýzy.

*Frekvenční (tónový) rozsah hlasu* – Označuje interval mezi nejhlubším a nejvyšším tónem. Většinou je jeho velikost přibližně 2 oktávy.

*Dynamický rozsah* – Vzdálenost nejtiššího a nejhlasitějšího tónu, obvykle se pohybuje v rozmezí 20 – 35 dB.

*Četnost frekvence* – Zobrazuje se na fonetogramu spolu s hlasitostí. Lze s ní také zobrazit histogramy z předchozích vyšetření a porovnávat s nimi nové hodnoty.

*Znělost* – Je určena procentuálním zastoupením neznělých úseků, kdy hlasivky nejsou rozvibrovány. Ideálně by neměly být v hlase zastoupeny žádné neznělé úseky.

*Šum* – Přítomnost rušivých složek v hlase. Správně by hlasový signál neměl obsahovat žádnou složku šumu, výjimkou je šepot, jehož je šum nedílnou součástí. Zobrazuje se na histogramu spolu s hlasitostí a výškou tónu, barevně je pak vyznačena úroveň šumu. Souvisí také s dyšností.

*Frekvenční kolísání (Jitter)* – Průměrný rozdíl dvou sousedních period. Někdy je také pojmenováno jako hlasové chvění.

*Amplitudové kolísání (Shimmer)* – Průměrný rozdíl amplitud jednotlivých period signálu na určitém úseku.

*Začátek fonace* – Může být tvrdý, měkký nebo dyšný.

*Maximální fonační doba* – Měření délky fonace při maximální síle hlasu, po zátěži a bez zátěže. Podrobnější informace se nacházejí u pojmu délka fonace.

*Pěvecký formant* – Navýšení akustické energie kolem frekvence 3 kHz až o 20 dB. Projeví se na kvalitě hlasu. Poznáme, jestli je hlas profesionálně trénovaný.

*Nepravidelnost hlasu (drsnost hlasu)* – Ovlivňuje hlavně to, jak příjemně nám hlas zní. Je zapříčiněna zastoupením neharmonických složek v hlase, tedy nepravidelnou vibrací hlasivek.

*Celkové poškození* – Neschopnost správné tvorby hlasu, projevuje se například jako chrapot. Závisí na drsnosti a šumu. Na histogramu se opět zobrazují výsledky v závislosti na hlasitosti a výšce tónu.

*Míra dyšnosti* – Jedná se o zastoupení turbulentního šumu v hlase, který se vytváří při nedostatečně dovřených hlasivkách. Vypočítává se algoritmem, při kterém není hodnocení turbulentního šumu ovlivněno frekvenčním kolísáním.

[15, 11, 12, 14]

#### 1.4.3.2 Základní vlastnosti lidského hlasu z fyzikálního pohledu

*Výška hlasu* – Je dána základní frekvencí tónu (udává se v jednotkách (Hz)). Závisí na délce hlasivek, což je jeden z důvodů, proč se hlas s přibývajícím věkem mění. Hlas je tím hlubší, čím jsou hlasivky delší. Výška hlasu je také závislá na napětí hlasivek a tlaku procházejícího vzduchu, ale také na postavení hrtanu.

*Síla hlasu* – Také je popisována jako intenzita nebo hlasitost (udává se v jednotkách (dB)). Mění se zesílením proudu vzduchu při výdechu, čímž se zvýší amplituda kmitání hlasivek. Síla hlasu se mění také podle přízvuku, před nadechnutím nového vzduchu klesá u každého jednotlivce jinak, podle jeho mateřského jazyka.

*Barva hlasu* – Lidský hlas se zabarvuje při průchodu rezonančními dutinami u každého člověka individuálně. Díky tomu můžeme odlišit od sebe dva tóny o stejné frekvenci, síle a výšce, pokud každý z nich vytvořil jiný jedinec. Na rezonanci se podílí mimo jiné také lícní kosti a lebeční dutina. Barvu hlasu můžeme pozměnit postavením hrdla a artikulačního ústrojí. Změnou barvy hlasu můžeme vyjádřit přesněji emoční a významovou část projevu, čehož lze využít také při napodobování cizího hlasu. Z akustického hlediska můžeme říct, že barvou hlasu se myslí vyšší harmonické složky tónů, které doprovázejí základní frekvenci.

*Kvalita hlasu* – Shrnuje v sobě ostatní vlastnosti hlasu, díky kterým poté vnímáme hlas jako kvalitní. Dá se definovat jako zastoupení harmonických a neharmonických složek v hlase, neharmonické složky dělají hlas chraptivějším a drsnějším. Můžeme ji ovlivnit pravidelným cvičením a vlastnosti našeho hlasu vylepšovat.

*Délka fonace* – Udává časovou jednotku, jak dlouho trval tón při jediném výdechu (udává se v jednotkách (s)). Závisí na síle a výšce tónu, na zpívané samohlásce a také na vitální kapacitě plic. Průměrná délka fonace u dospělého člověka je přibližně 25 s. U trénovaných zpěváků často dosahuje délky až 40 s.

*Rozsah hlasu* – Závisí na věku, tělesné stavbě a míře používání. Rozsah hlasu u dospělého člověka se obvykle pohybuje kolem dvou oktáv. V dětství se hlasový rozsah postupně zvětšuje, maxima dosahuje v dospělosti a ve stáří se rozsah opět zmenšuje.

*Přesnost lidského hlasu* – Udává se jako velikost frekvenčního rozdílu zazpívaného tónu a zadaného tónu. Když je rozdíl velký, je tón falešný. Falešný zpěv se se dá vylepšovat tréninkem.

*Intonace* – V průběhu řeči ji měníme, pomáháme tím zdůraznit část slova nebo věty. Velmi důležitá je také schopnost správně a jistě začít tón, bez další úpravy výšky. Při tvorbě tónu se často stává, že tón není zasazen přesně ve výšce, v jaké měl být. Proto je začátek tónu občas tvořen nejistě a je postupně upraven až během zpěvu. Zkušené zpěváci většinou nemají se správnou intonací problémy.

[7, 2, 6, 12]

#### 1.4.4 Konkrétní příklady programů pro akustickou analýzu

##### Voice Diagnostic Center (VDC)

Viz praktickou část.

##### Real Voice Lab

Software pro analýzu akustických parametrů hlasu používaný ve Výzkumném centru HAMU. Tento program nám v první řadě umožňuje měřit hlasové pole. Můžeme získat informace o mluvním i zpěvním hlasu. Výsledky lze sledovat i v reálném čase. Program obsahuje filtry a další možnosti úpravy záznamu, které se dají aktivovat podle potřeby, pro odstranění chybných bodů (hodnoty vyčnívající z výsledků). Další funkcí tohoto programu je, že lze do měření zahrnout také parametry spektrální a multidimenzionální analýzy. Real Voice Lab měří například tyto parametry: fonační čas, frekvence, rozsah hlasu, frekvenční a amplitudové kolísání, začátek fonace, ale také mnohé další. Vše je pak přehledně zobrazeno graficky i číselně.

[14]

##### Mentio

Tento program se používá především u dětí pro rehabilitaci hlasu, ale také jako interaktivní doplněk výuky, případně jako motivační program pro děti s různými vadami. Jeho prostředí je pro děti vzhledem k velkému množství obrázků a přizpůsobení se dětské populaci velmi příjemné, terapie je baví. Na analýzu hlasu je zaměřena část Mentio Hlas. Díky tomuto programu jsme schopni pozorovat zpětnou vazbu při tvorbě hlasu a pak cíleně vylepšovat jeho tvorbu. Cvičení v části Mentio Hlas je zaměřeno na měření hlasového začátku, délky, hlasitosti a frekvence tónu a další. Je možno také procvičovat například udržení hlasitosti nebo výšky hlasu v určitém rozmezí. Program Mentio umožňuje také nahrávání hlasového signálu, další úpravy, grafické i slovní hodnocení a uložení výsledného záznamu. Grafické zobrazení frekvenční analýzy umožňuje odborníkovi posoudit frekvenční charakteristiky. Dále jsme schopni zobrazit spektrum daného záznamu a pracovat s ním. Program využívá také Fourierovu transformaci a pomocí ní je schopen dobře odlišit formanty.

[17]

##### SpectraPlus

Jedná se o spektrální analyzátor, který má hodně možností měření parametrů a funkcí pro různé výpočty. Umožňuje analýzu v reálném čase. Zaznamenané signály můžeme také upravovat a dále s nimi pracovat. Můžeme zobrazit mimo jiné frekvenční analýzu i 3D graf s velmi dobrým rozlišením. Program se skládá ze tří částí (SpectraLAB, SpectraPRO a SpectraRTA) a má poměrně jednoduché a srozumitelné ovládání.

[18, 19]

### Praat

Může pracovat podobně jako multidimenzionální analýza, jen provádí jinak výpočty. Praat nepřepočítává hodnoty amplitud před autokorelací a získává konečné výsledky lehce změněným způsobem. Výsledné hodnoty jsou srovnatelné s multidimenzionální analýzou, výjimkou je měření frekvenčního kolísání. Když je frekvenční kolísání nízké, Praat i multidimenzionální analýza vypočítají přibližně stejnou hodnotu se stejnou přesností. Když do záznamu přidáme hluk, Praat vypočítá relativně nízkou hodnotu, zatímco multidimenzionální analýza by vypočítala patologický stav hlasivek. Důvodem je, že Praat je schopen oddělit ze signálu hluk a vypočítat jen frekvenční kolísání, zatímco multidimenzionální analýza hluk od signálu neodděluje. Praat také umožňuje provádět spektrální analýzu. Můžeme získat až 30 základních parametrů, například intenzitu, rozsah hlasu, maximální, základní a minimální frekvenci a další. V dnešní době ještě není vyřešena plná automatizace výpočtů, proto je nevhodný pro místa s velkým množstvím požadavků.

[16]

#### **1.4.5 Základní předpoklady pro kvalitní analýzu hlasu**

*Kvalita nahrávky* – Může být ovlivněna především volbou mikrofону a dalšího příslušenství pro záznam zvuku a hlasitostí hluku okolního prostředí. Důležitá je také vzdálenost nahrávaného jedince od mikrofónu a optimální nastavení hlasitosti, aby nedocházelo ke zkreslení signálu.

*Zvolený program pro analýzu* – Každý program umožňuje měřit jiné parametry a může mít různou přesnost. S vybraným programem by měla pracovat dostatečně poučená osoba, která ho umí ovládat a nastavit tak, aby se vše naměřilo správně.

*Spolupráce vyšetřovaného jedince* – Jedinec, kterého vyšetřujeme, by měl spolupracovat s člověkem, obsluhujícím program. Měl by se snažit co nejlépe dodržet požadavky a postup, který je vyžadován.

[11, 12, 13, 14]



## 1.5 Nemoci hlasového ústrojí a poruchy řeči

Tato kapitola je zaměřena na různá poškození a nemoci hlasového ústrojí, jenž ovlivňují tvorbu hlasu. Většinu problémů jsme schopni rozpoznat akusticky a klasifikujeme je mnoha způsoby. Nejjednodušší klasifikace je na organické (poškození některého orgánu zánětem, nádorem, nebo jiným způsobem) a na funkční (dysfunkce z vyčerpání nebo psychického traumatu). Jednotlivé poruchy, ať už funkční nebo organické, spolu často souvisí a navzájem se ovlivňují. Další dělení poruch lze provést dle věku postiženého a zaměřuje se na problémy spojené s konkrétním obdobím. Příkladem může být mutace v pubertě nebo ochablost hlasu u dospělých při nadměrném užívání síly hlasu. Léčbou organických poruch se zabývá lékařská medicína, funkčními poruchami se zabývají logopedové a jiní odborníci.

[10, 2, 7, 1]

Porucha řeči může být způsobena špatnými návyky ve spolupráci dýchacího, hlasového a artikulačního ústrojí, nebo v samotném fungování některého z nich. Takové poruchy je potřeba včas odhalit zejména u profesionálních zpěváků, aby mohli naplno využívat svůj hlasový potenciál a především aby si nepoškodili hlas přílišným namáháním. Dlouhodobým používáním nezdravého hlasového ústrojí se hlas nejprve stává chraptivým a při dalším úsilí o zesílení hlasu vznikají organické poruchy, jako je například hyperkinetická dysfonie (křečové stavy při fonaci). Poškozený hlas může být také příčinou psychické traumatizace, což se může u profesionálů zhoršit až do spastické afonie. Postižený pak pouze sípá a při dalším tlaku, vyvíjeném na hlasivky, dochází k organickému poškození cév, překrvení hlasivek a také na nich mohou vznikat polypovité útvary.

[10, 7, 1]

Při léčbě hlasových problémů se využívá poslech odborníkem, ale také sluchová analýza, a tím i programy, které jsou v této práci popsány. Stejný postup může být využit také při snaze jedince o poznání kvalit případně nedostatků vlastního hlasu, a následně vylepšení práce s ním. Při trénování hlasu je důležité začít správným dýcháním a využíváním vzduchu v plicích bez přetížení hlasivek. Dalším důležitým aspektem je správné postavení hrtanu, jazyka a rezonančních dutin při tvorbě tónu. Většinu vad jsme schopni odstranit reedukačním cvičením a tréninkem s hlasovým odborníkem. Když je tvorba hlasu a dýchání v pořádku, můžeme se zaměřit na výslovnost. Zde je nejčastějším problémem nadměrná artikulace, a tím vzniklé napětí na svalstvu hrtanu, nebo také ztuhlé artikulační ústrojí při zpěvu. Velkou měrou ovlivňuje hlas také psychika, ať už se jedná o vzrušení, nervozitu, vztek nebo další emoce. Když vše shrneme, můžeme říct, že je důležité udržovat si psychické a fyzické zdraví a ani jedno nezanedbávat.

[10, 7, 1]

### Rozdělení hlasových poruch podle příčiny jejich vzniku

*Poruchy z nadměrné hlasové zátěže* – Vznikají při přetížení hlasových orgánů. Mezi příznaky patří únava hlasu po delším používání, zmenšení rozsahu hlasu a chraptivost, která vede k bolestem. Dále může dojít k překrvení hlasivek a vzniku edému. Příkladem je akutní fonotrauma (přetížení hlasu při křiku nebo kašli, vzniká krevní výron na hlasívkách), hyperkinetická dysfonie (přetížení a zvětšení hlasivek způsobené vysokým napětím při zpěvu nebo nadměrném hlasovém projevu) a hypokinétická dysfonie (může být vrozená nebo získaná po prodělané hyperkinetické dysfonii). Tyto poruchy se dají vyléčit hlasovým klidem nebo přeucením na správné návyky, dokud poškození není příliš vážné. Pokud je porucha v pokročilém stádiu, je někdy potřeba přistoupit k chirurgickému řešení.

*Benigní léze hrtanu* – Na hlasivkách se vytvářejí útvary nebo otoky, které brání správné funkci. Patří mezi ně nodulární léze hlasivek (na hlasivkové blance se tvoří uzlíky, příčinou bývá nesprávné používání hlasu), hlasivkový polyp (příčinou vzniku bývá delší čas, kdy jedinec kašlal nebo křičel), Reinkeho edém (otok, který vzniká kombinací kouření, užívání alkoholu a přehnaného používání hlasu), cysta hlasivky a granulom hlasivky (útvary na hlasivkové chrupavce). Všechny jmenované výrůstky mohou bránit správnému uzavření hlasové štěrbiny. Většina z těchto útvarů se dá chirurgicky odstranit bez vážných následků.

*Nádory hrtanu* – Po operaci nádorů, které byly v oblasti hlasového ústrojí, mohou vzniknout problémy s hlasem. Zásadní rozdíl bývá ve tvorbě hlasu, protože při operaci je často nevyhnutelný zásah do hlasového ústrojí, například odstranění hlasivky. Jedinec pak musí trénovat, aby zvládl překonat změnu tvorby hlasu.

*Poruchy inervace hrtanu* – Sem patří dvě základní onemocnění. Prvním z nich je spastická dysfonie, která vzniká po úrazech centrální nervové soustavy nebo následkem dědičných poruch. Postižený má křečovitě staženou část hlasového ústrojí, hlasový projev je proto slyšitelně nezdravý. Druhým onemocněním je obrna hlasivky, která vzniká při dočasném nebo trvalém přerušení nervového vlákna, inervujícího hlasivkový sval. Tím dochází ke zrušení hybnosti hlasivek. Často je obrna hlasivek také provázena dalšími obtížemi, například dýchacími nebo polykacími. Při léčbě je primárně potřeba odstranit neurologický problém, řešením většinou bývá chirurgický zákrok. Speciálně pro obrnu je primární vyřešit problémy s polykáním a vdechováním potravy.

*Hlasové poruchy při zánětech hrtanu* – Záněty hrtanu se projevují bolestí v krku, zahleněním a kašlem, hlas bývá chraptavý. Pokud pacient přemáhá hlas v průběhu nemoci, může si poškodit hlasivky nebo získat špatné návyky tvorby hlasu. Pokud hlas není přemáhán, stačí vyléčit zánět a problémy zmizí.

*Psychogenní poruchy* – Většinou vznikají jako následek jiných onemocnění, v závislosti na momentálním psychickém stavu nebo slabé sebedůvěře. Příčinou vzniku bývá mimo jiné úzkost, panika, hysterie nebo neurologické poškození. Při jejich léčbě je potřeba zjistit příčinu vzniku těchto chorob a léčit u jedince jeho psychický problém, ale také ho přeučit po stránce hlasové. Trvá poměrně dlouho, než se povede vyléčit tyto poruchy, a i tak se některé potíže často vrací. Příkladem těchto poruch je psychogenní afonie (ztráta hlasu bez poškození hlasového ústrojí, v pozadí je psychická porucha, jedinci se podvědomě bojí dušení), psychogenní spastická dysfonie (slabý hlas, viditelné zapojování krčních svalů při tvorbě hlasu, pro jedince je náročné mluvit) a mutační poruchy (vyskytuje se u mužů v období puberty, když nejsou schopni přijmout fyzické změny, dospělí muži pak mají stále vysoký dětský hlas, také se může vyskytnout prodloužená mutace).

[10, 7, 1]

Více o poškození hlasového ústrojí, možnostech jeho předcházení a postupech léčby se můžete dočíst například v literatuře „*Praktický kurz hlasové rehabilitace a reedukace*“ nebo ve studijních textech „*Hlasové poruchy*“, ze kterých bylo v této kapitole čerpáno.

## 2 Praktická část

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit aplikaci, která přesněji a přehledněji vykreslí výsledky hlasové analýzy. Pro vytvoření aplikace bylo nutno nastudovat programovací jazyk C# a možnosti programování grafů. Součástí práce bylo také provést a zhodnotit vyšetření hlasu provedené prostřednictvím modulárního systému Voice Diagnostic Center (VDC) lingWAVES. Jedná se o vyšetření používané pro analýzu a terapii hlasu a řeči. Pro hodnocení hlasu je využito měření parametrů lidského hlasu. Hodnoty parametrů, naměřené systémem VDC, mohou být vloženy do vytvořené aplikace, která je vykreslí ve vlastním formátu dle požadavků zadaných vedoucím této práce.

### 2.1 Aplikace zpřesňující hodnocení hlasové analýzy

Pro tuto práci byla vytvořena aplikace, která vylepšuje hodnocení hlasové analýzy. Aplikace byla naprogramována v jazyce C#, ve vývojovém prostředí Microsoft Visual Studio. Byl zvolen jednoduchý vzhled i ovládání pro snadné použití. Pro vykreslení hodnot do jednotlivých oblastí úrovně poškození stačí vyplnit hodnoty a stisknout tlačítko pro jejich potvrzení.

#### 2.1.1 Přínosy aplikace

Hlavními výhodami aplikace je větší přehlednost a přesnější rozdělení naměřených parametrů. Program lingWAVES, na kterém jsou naměřeny hodnoty pro další část této práce, rozděluje výsledky měření do oblastí „Norma“, „Širší norma“ a „Pozitivní“. Bylo zjištěno, že klasifikace výsledných hodnot pouze do tří oblastí není dostatečně přesná. Naměřené hodnoty hlasových parametrů, které vyskytovaly v okolí hranice mezi jednotlivými oblastmi, nemusely vždy znamenat, že je daný parametr v takovém stavu, v jaké oblasti se nachází. V okolí hranice mezi jednotlivými oblastmi tak docházelo ke zkreslení výsledků. Pro názornější představu pacienta i lékaře byla proto vytvořena aplikace, která naměřené hodnoty roztrídí do pěti oblastí. Tím dochází ke zpřesnění rozdělení a pro okolí mezních hodnot jsou vytvořeny nové oblasti.

Dalším důvodem pro vytvoření aplikace je možnost vidět výsledky všech sledovaných samohlásek zároveň. V programu lingWAVES lze označit pouze jednu oblast samohlásky a zobrazit tak její naměřené výsledky, ale nelze označit oblasti více samohlásek zároveň. Vytvořená aplikace umožňuje sledovat naměřené výsledky parametrů všech samohlásek současně. Díky tomuto vylepšení mohou být pozorovány změny na jednotlivých samohláskách a porovnávány jejich výsledky. Hlas může být poté hodnocen jako celek.

Pro obsluhu aplikace i pro pacienta je výhodou přehledný vzhled, snadné a rychlé použití a barevné prostředí, které zlepšuje vizualizaci. Pacientovi tak může být názorně předvedeno, zda je jeho hlas v pořádku nebo jestli je nějaký parametr poškozený. V případě pacientů, jejichž hlas byl již v minulosti měřen, je snadnější sledovat vývoj poškození hlasu, ať již zlepšení nebo zhoršení. Tímto může být aplikace užitečná pro vybrání vhodné léčby nebo hlasové rehabilitace.

### 2.1.2 Design aplikace a průběh programování

Bylo vytvořeno 15 grafů, které vykreslují výsledky čtyř sledovaných parametrů pro tři vybrané samohlásky. Oblasti grafů byly vytvořeny pomocí kreslicí plochy, na které byly definovány vlastní požadavky na vzhled grafů. Do nich se vykreslují barevné kruhy, které znázorňují hodnoty jednotlivých parametrů. Na pozadí grafů bylo vloženo barevné spektrum, neboli gradient, podle úrovně poškození.

Nejprve bylo pro vytvoření aplikace nutno nastudovat, jak vytvořit gradient i s použitím vlastních barev (viz [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/0sdy66e6\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/0sdy66e6(v=vs.110).aspx)). Byly vytvořeny gradienty, které jsou závislé na třech zadaných barvách v RGB (např. (0, 255, 0) značí zelenou barvu). Barvy jednotlivých gradientů byly zvoleny podle závažnosti poškození. Oblasti jsou od sebe barevně rozlišeny tak, aby mezi nimi byl jasně patrný rozdíl. Díky tomu lze i podle barvy grafu rozeznat, do jaké míry je daný parametr hlasu poškozen. Gradienty svou barvu přizpůsobily odstínům zelené (stupeň poškození 1), žluté (stupeň poškození 1-), žluté až oranžové (stupeň poškození 2), oranžové (stupeň poškození 2-) a červené (stupeň poškození 3). Stupeň poškození 1 značí normu, stupeň poškození 2 širší normu, stupeň poškození 3 značí pozitivní nález. Stupně poškození 1- a 2- jsou mezistupněm mezi jednotlivými oblastmi. Podle toho, ke které hranici se hodnota parametrů blíží více, může pak vyšetřující určit závažnost poškození hlasu. Díky tomu je pak také možno pacientovi ukázat vizuální znázornění, které může oběma stranám značně ulehčit vzájemné porozumění a vizuálně zobrazit pokrok pacienta nebo naopak zhoršení jeho hlasu.

Dále bylo nutno nastudovat tvorbu rozhraní a možnosti, jak do grafu vložit další objekty, v tomto případě barevné kruhy. Barvy kruhů, které zobrazují parametry v grafech, byly přiřazeny příslušným políčkům, popisujícím daný parametr. Byla zvolena šedá barva pro míru dyšnosti, modrá pro nepravidelnost, světle modrá pro šum a fialová pro celkové poškození. Byly omezeny hodnoty, které lze vkládat do jednotlivých políček parametrů, a povolené rozmezí je u každého políčka popsáno.

Velikost grafů a kruhů v nich je nastavena tak, aby se zvětšovaly zároveň s oknem aplikace. Grafy se zvětšují v závislosti na velikosti okna aplikace a kruhy se procentuálně přizpůsobují šířce grafů. Tím je zajištěna přiměřená viditelnost vykreslených kruhů i při zvětšení okna aplikace na maximum. Pokud je to zapotřebí, můžeme do aplikace snadno přidat další měřené parametry, případně i hodnoty dalších samohlásek.

### 2.1.3 Problematika vykreslení hodnot

Pro správné rozdělení hodnot bylo nutno určit číselné hranice jednotlivých oblastí. Číselné hodnoty v jednotlivých oblastech pak odpovídají úrovni poškození. Pro parametry nepravidelnost, šum a celkové poškození odpovídá naměřená hodnota parametru číselné ose grafů. U parametru míra dyšnosti musel být vytvořen algoritmus pro přepočtení naměřených hodnot na zvolenou číselnou osu. Parametr míra dyšnosti nabývá hodnot „1,0-0,0“, přičemž hodnota 1 je v normě a hodnota 0 značí pozitivní nález. Tyto hodnoty bylo nutno přepočítat na rozmezí „0,0-3,0“, tedy invertovat hodnoty a přizpůsobit je novému rozmezí. Po přepočtu tedy hodnota parametru míra dyšnosti „1,0“ odpovídá stupni poškození 1 a na ose má číselnou hodnotu „0,0“ a hodnota parametru „0,0“ odpovídá stupni poškození 3 a na ose má číselnou hodnotu „3,0“.

Nové rozdělení, které bylo pro aplikaci vytvořeno, zobrazuje *Tabulka 1*. Hodnocení odpovídá pětistupňovému známkování ve škole, kdy „*stupeň poškození 1*“ značí normu a „*stupeň poškození 3*“ největší dysfunkci hlasu. Ostatní parametry na této škále jsou rozděleny v pravidelných intervalech tak, aby zaplnily celé rozmezí hodnot. Důvody pro rozdělení do pěti oblastí a způsob hodnocení jsou již popsány výše v kapitole 2.1.2 u popisu použití gradientu.

*Tabulka 1: Číselné rozdělení oblastí míry poškození u jednotlivých parametrů – ve vytvořené aplikaci*

	Stupeň poškození 1	Stupeň poškození 1-	Stupeň poškození 2	Stupeň poškození 2-	Stupeň poškození 3
Míra dyšnosti	1-0,80	0,79-0,60	0,59-0,40	0,39-0,20	0,19-0
Nepravidelnost	0-0,60	0,61-1,20	1,21-1,80	1,81-2,40	2,41-3
Šum	0-0,60	0,61-1,20	1,21-1,80	1,81-2,40	2,41-3
Celkové poškození	0-0,60	0,61-1,20	1,21-1,80	1,81-2,40	2,41-3

Pro správné vykreslení do oblasti grafu bylo také nutno počítat s okraji grafů, které byly nastaveny. Po použití příslušného vzorce se tedy vykreslování kruhů do grafů omezilo pouze na barevné části, ve kterých je vložen gradient.

#### 2.1.4 Testování aplikace

Součástí jednoduchého ovládání aplikace je také to, že jsou ošetřeny případné chyby, které by mohly vzniknout. Pro vykreslení hodnot do jednotlivých oblastí úrovně poškození je nutno vyplnit hodnoty a stisknout tlačítko „*Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky „a““*“ (případně „*i*“ nebo „*u*“). Aplikace má správně zkontrolovat, zda jsou vyplněna všechna políčka vybrané samohlásky, zda vyplněné hodnoty odpovídají povoleným rozmezím, případně jestli nebyl použit nepovolený znak. Pokud je vše v pořádku, vykreslí se zadané hodnoty parametrů do grafů.

Všechna zmíněná upozornění, která má aplikace zkontrolovat, jsou rozepsána v dalších podkapitolách a na obrázcích jsou uvedena na vzorových příkladech. V případě jiných chyb stejného charakteru, které by bránily vykreslení, funguje upozornění na tomtéž principu, u všech parametrů i samohlásek. V případě, že je chyba ve více parametrech, aplikace na ně uživatele upozorní postupně.

##### 2.1.4.1 Kontrola povoleného rozmezí

V případě, že uživatel vloží do kteréhokoli políčka hodnotu mimo vymezené rozmezí, je upozorněn červeným nápisem v řádku u spodního okraje, viz *Obr. 8*. Nápis uživateli oznámí konkrétní parametr a samohlásku, které nejsou v povoleném rozmezí, a to je zde také vypsáno. Aplikace nevykreslí hodnoty do grafu, dokud nejsou všechny hodnoty dané samohlásky v povolených rozmezích.

Hlasová analýza			
	Samohláska "a"	Samohláska "i"	Samohláska "u"
Míra dyšnosti (GNE)	1,01 (0,0 - 1,0)	(0,0 - 1,0)	(0,0 - 1,0)
Nepravidelnost (Irregularity)	0,87 (0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)
Šum (Noise)	0,76 (0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)
Celkové poškození (Overall Severity)	1,03 (0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)
	Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky "a"	Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky "i"	Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky "u"
Stupeň poškození 1			
Stupeň poškození 1-			
Stupeň poškození 2			
Stupeň poškození 2-			
Stupeň poškození 3			

Zadejte hodnotu v rozmezí 0 až 1,0 u parametru GNE - u samohlásky "a"!

Obr. 8: Chyba v zadání parametru – hodnota dané samohlásky je mimo povolené rozmezí

#### 2.1.4.2 Kontrola formátu hodnot

V případě, že uživatel vloží do políčka jiný znak než čísla a desetinné čárky, je upozorněn červeným nápisem v řádku u spodního okraje, viz Obr. 9. Nápis uživateli oznámí, u které samohlásky by měl zkontrolovat, zda použil desetinné čárky (ne desetinné tečky), případně jestli nepoužil jiný nepovolený znak.

Hlasová analýza			
	Samohláska "a"	Samohláska "i"	Samohláska "u"
Míra dyšnosti (GNE)	0.82 (0,0 - 1,0)	(0,0 - 1,0)	(0,0 - 1,0)
Nepravidelnost (Irregularity)	0,87 (0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)
Šum (Noise)	0,30 (0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)
Celkové poškození (Overall Severity)	1,03 (0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)
	Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky "a"	Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky "i"	Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky "u"
Stupeň poškození 1			
Stupeň poškození 1-			
Stupeň poškození 2			
Stupeň poškození 2-			
Stupeň poškození 3			

Vstupní řetězec nemá správný formát. Používejte desetinné čárky (nepoužívejte desetinné tečky) - samohláska "a"!

Obr. 9: Chyba v zadání parametru – hodnota dané samohlásky nemá správný formát

### 2.1.4.3 Kontrola prázdných polí

Poslední chyba, která brání vykreslení a na kterou je uživatel upozorněn červeným nápisem v řádku u spodního okraje, je nevyplnění všech polí dané samohlásky, viz *Obr. 10*. V tomto případě je v nápisu informace o konkrétním parametru dané samohlásky, který je potřeba vyplnit.

	Samohláska "a"	Samohláska "i"	Samohláska "u"
Míra dyšnosti (GNE)	0,82 (0,0 - 1,0)	(0,0 - 1,0)	(0,0 - 1,0)
Nepravidelnost (Irregularity)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)
Šum (Noise)	0,30 (0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)
Celkové poškození (Overall Severity)	1,03 (0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)	(0,0 - 3,0)
	Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky "a"	Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky "i"	Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky "u"
Stupeň poškození 1	0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6	0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6	0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6
Stupeň poškození 1-	0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2	0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2	0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2
Stupeň poškození 2	1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8	1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8	1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8
Stupeň poškození 2-	1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4	1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4	1.8 1.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4
Stupeň poškození 3	2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3.0	2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3.0	2.4 2.5 2.6 2.7 2.8 2.9 3.0
Zadejte prosím hodnotu parametru Irregularity - u samohlásky "a"!			

*Obr. 10: Chyba v zadání parametru – nejsou vyplněna všechna pole dané samohlásky*

## 2.2 Popis programu: Voice Diagnostic Center (VDC)

Jedná se o fonetografické hlasové diagnostické centrum lingWAVES, které obsahuje kvalitní software pro hlasovou analýzu. Program využívá dvoudimenzionální analýzu rozsahu hlasu a umožňuje posoudit hlas kvalitativně i kvantitativně. Můžeme nahrávat hlasový úkon a zároveň vypočítat a zobrazit ve dvoudimenzionálním diagramu parametry hlasu, například výšku (frekvenci) a intenzitu. Tento program nám tedy umožňuje zaznamenat fonetogram (profil mluveného a zpěvního hlasu) a zároveň vypočítat a zobrazit kvalitativní parametry jako je šum, hrubost, neznělost a také chraptivost a celkové poškození hlasu. Mimo to můžeme provádět také spektrografickou analýzu hlasu.

VDC lingWAVES obsahuje měřič úrovně zvukového tlaku, který zajišťuje vyšší přesnost při měření intenzity (IEC 651 typ 2, vhodný pro laboratorní a vědecké úlohy). Intenzita se díky tomu určí přímo ze signálu měřiče a digitálně se přenese k softwarovému zpracování. Není tak nutná kalibrace intenzity. Pro účely výpočtu výšky tónu se používá kondenzátorový mikrofón Electret zabudovaný v měřiči zvukového tlaku (SPL meter). Měření se standardně provádí 30 cm od úst. Fonetogram splňuje požadavky směrnic Unie evropských foniatrů pro standardizovanou fonetografii.

Program je rozdělen do úrovní, které umožňují detailní zaměření na různé hlasové parametry, jejichž specifikace je uvedena níže.

[15, 20, 21]

### 2.2.1 Fonetografie

Zaznamenává hlasové pole, profil zpěvního hlasu a hodnotí tak kvalitu hlasu. Pro zjištění poruch hlasu nebo poškození hlasového ústrojí se používá srovnání s normovanými fonetogramy, které představují normální vokální výkon zdravého jedince. Školené osoby pak zpravidla mají na fonetogramu hlasový výkon viditelně větší. Také lze použít další možnosti zobrazených hodnot na fonetogramu. Můžeme tak zobrazit parametry zmíněné výše, například rozsah výšky tónů, dynamický rozsah, hlasitost, neznělost a další. Četnost dynamických a frekvenčních hodnot je ve fonetogramu také zobrazena.

### 2.2.2 Profil mluveného hlasu

Může být zaznamenán pro hlasitý, normální a tichý hlas. Vyšetřovaný jedinec má počítat od 21 do 40. Nejprve čísla říká normálním hlasem, poté tichým hlasem (ne šeptem) a nakonec hlasitě (ne křikem). Vše se nahrává programem a v další části nahrávání má pak jedinec hlasitě zakřičet předem určenou větu. Z každého záznamu je pak získána konkrétní hodnota pro jednotlivé hlasové úkony a vše je zobrazeno v grafu. Když propojíme naměřené hodnoty, získáme přímkou, ukazující závislost výšky tónu na jeho hlasitosti. Podle strmosti přímky a umístění jednotlivých hodnot v grafu jsme schopni určit, zda je hlas v pořádku.

### 2.2.3 Zkouška hlasové zátěže

Je důležitá pro kontrolu výkonu hlasu v průběhu terapie. Na přístroji je možno navolit délku záznamu a hodnoty až tří hranic hlasitosti. Pacient předčítá text a snaží se udržet konstantní hlasitost co nejblíže nad určenou hranicí. Když hlasitost překročí danou hranici, je pacient upozorněn vizuálně, případně také zvukem.



## 2.2.4 Vospector-DSI

Zkratka DSI (Dysphonia Severity Index) určuje úroveň poškození hlasu a hodnotí změny v kvalitě hlasu. Vypočítává se z maximální doby fonace, nejvyšší frekvence, nejnižší intenzity a frekvenčního kolísání. Podle úrovně poškození jsme schopni rozdělit hlasy do šesti skupin. Skupina 5 má nejvyšší hodnotu DSI (větší než 4,4) a nemá žádnou dysfonii, skupina 0 má nejnižší hodnotu DSI (menší než -2,0) a pacient není schopen tvořit hlas.

Systém Vospector měří parametry hlasu potřebné pro výpočet DSI, ale také šum, drsnost a celkové poškození hlasu, které se dohromady používají pro perceptuální hodnocení dysfonie. Tímto systémem můžeme také zjistit další hodnoty, například odchylky základní frekvence nebo amplitudové a frekvenční kolísání. Především se zaměřuje na analýzu jednotlivých samohlásek a určení, zda je jejich tvorba v pořádku.

## 2.2.5 Spektrografická analýza

Používá se pro analýzu mluveného hlasu. Základem této metody je rozklad hlasového signálu na frekvenční spektrum. Pro výpočet frekvenčního spektra se používá rychlá Fourierova transformace. Na spektrogram zaznamenáváme zpravidla samohlásky, v grafu je pak frekvence na ose y a čas na ose x. Zobrazení takto rozloženého signálu má v sobě zahrnutý informace o různých hlasových parametrech. Intenzita hlasu je zobrazena ve spektrogramu barevně. Jsme tak schopni zjistit například základní frekvenci, výkonový rozsah hlasu a zastoupení šumu. Můžeme použít úzkopásmový spektrogram, který má dobré rozlišení frekvence, ale nepřesné časové rozlišení. Druhou možností je širokopásmový spektrogram, který má přesnější časové rozlišení, ale nekvalitní rozlišení frekvence. Nejčastěji se používá úzkopásmový spektrogram, který zobrazuje jednotlivé harmonické složky. Naproti tomu širokopásmový spektrogram umožňuje zkoumat charakteristiky hlasu, tedy formanty a impulsy hlasivkové šterbiny.

Dále můžeme zaznamenat spektrogram v reálném čase, čímž můžeme pozorovat okamžité změny hlasu. Tento postup může urychlit a zjednodušit léčbu pacienta. Na přístroji lze nastavit různý časový rozsah, který jsme schopni zaznamenat, než se obraz začne přepisovat. Také můžeme nastavit vzorkovací frekvenci, šířku okna, a tím vysoké rozlišení frekvence nebo času a další možnosti.

## 2.2.6 Srovnávání VDC měření

Porovnávání více snímků se říká také komparativní analýza. Může být použita pro veškeré výše zmíněné naměřené parametry. Naměřené hodnoty a grafy z VDC centra lze uložit přímo do programu nebo vytisknout. Případně můžeme záznamy vložit například do editoru MS Word a dále upravovat. Uložení záznamů přímo v programu umožňuje další porovnávání s ostatními snímky pacienta, případně s normovanými záznamy. Lze tak numericky i vizuálně pozorovat zlepšení nebo zhoršení stavu pacienta. Změny v kvalitě hlasu jsou při srovnávacím zobrazení dobře vidět. Oblasti jsou barevně odlišeny v závislosti na změně kvality hlasu. Odstíny oranžové nebo červené barvy ukazují zhoršení kvality hlasu, zelená barva značí zlepšení. V případě porovnávání profilů mluveného hlasu se výsledek zobrazí jako průnik dvou přímek. Jedna z přímek reprezentuje nový záznam a druhá starý. Zlepšení se pak opět zobrazuje zeleně a zhoršení červeně, případně je lze i vyčíst z numerického panelu.

[15]

## 2.3 Měření přístrojem Voice Diagnostic Center

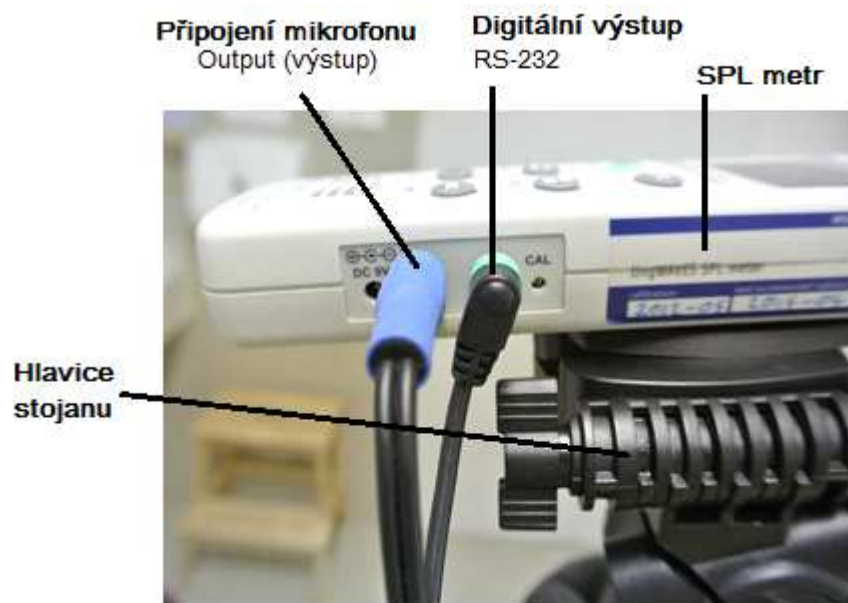
Seznámení se s přístrojem Voice Diagnostic Center (VDC) lingWAVES probíhalo v Centru pro poruchy sluchu a rovnováhy. Ve vlastním měření je nejprve přístrojem VDC naměřen Phonetogram, poté DSI a na závěr Vospector.

### 2.3.1 Příprava přístroje na měření

Nejprve je nutno sestrojit přístroj a připojit ho k počítači, ve kterém je nainstalován příslušný software. Na *Obr. 11* můžete vidět stojan s upevněným SPL metrem (měřič zvukového tlaku). Stojan má nastavitelnou výšku i polohu hlavičky, na které je upevněn SPL metr. Je tedy možno přizpůsobit jeho polohu výšce pacienta. Na mikrofon SPL metru je potřeba nasadit pěnovou ochranu mikrofonu proti šumu a proudu vzduchu. Na *Obr. 12* můžete vidět detailněji zapojení kabelů vedoucích z SPL metru do počítače. Zelený kabel (napravo) je zapojen do zdířky RS-232 a slouží k propojení digitálního výstupu SPL metru s portem COM na počítači. Modrý kabel (nalevo) je zapojen do zdířky OUTPUT a připojuje mikrofon měřiče ke vstupu na zvukové kartě počítače („Line-In“ nebo „Microphone“). Pro připojení k počítači jsou také přiloženy USB kabely, které lze zapojit do počítače místo kabelů vedoucích do zvukové karty a do portu COM.

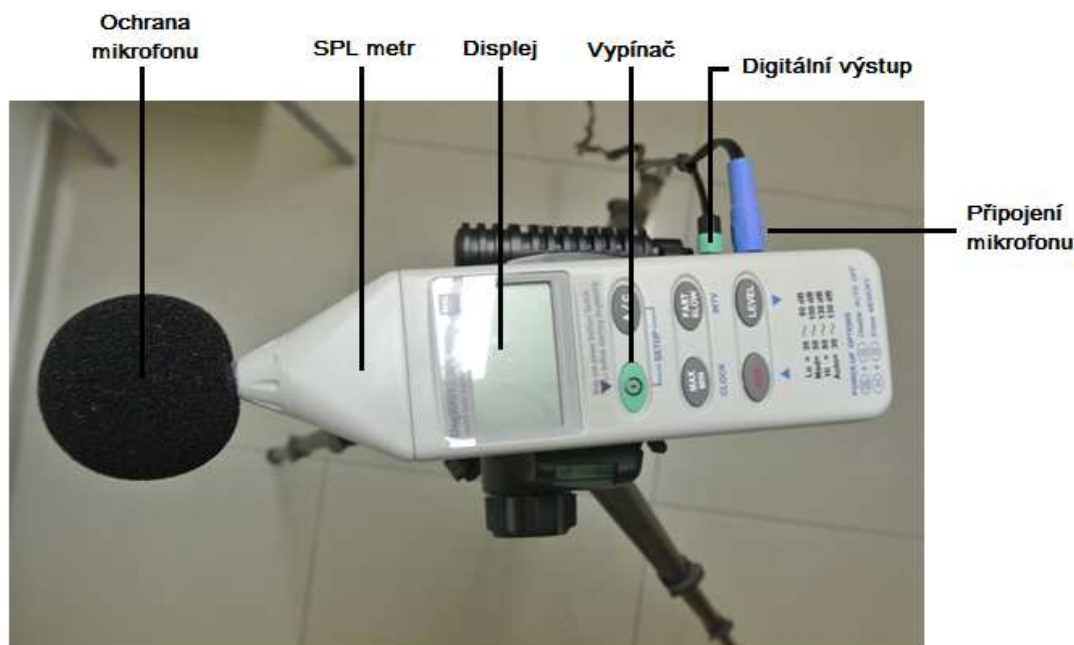


*Obr. 11: SPL metr upevněný na stojanu*



*Obr. 12: SPL metr – zapojení kabelů*

Pro spuštění a vypnutí SPL metru slouží zelené tlačítko se znakem pro vypínač (kolečko s čárkou uvnitř, viz *Obr. 13*). Pokud je přístroj správně zapojen, upevněn a kalibrován, stačí ho pouze zapnout a počkat, až začne měřit intenzitu hluku v okolí. Hodnota intenzity hluku v decibelech se zobrazuje na displeji SPL metru. Je potřeba, aby bylo měření prováděno v tiché místnosti (hluk musí být nižší než 40 dB) a aby se v ní nevytvářela ozvěna. Také je nutno kontrolovat, zda pacient dodržuje vzdálenost mikrofonu od úst 30 cm.



*Obr. 13: SPL metr – pohled shora*

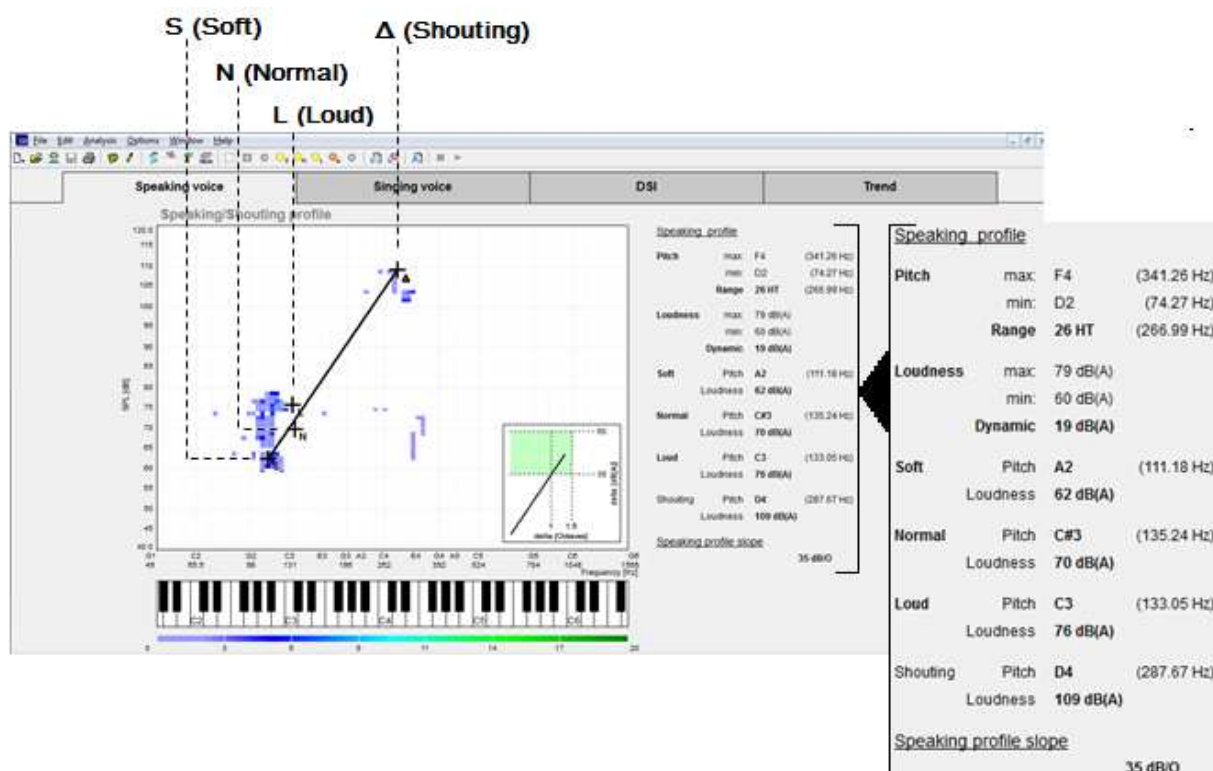
## 2.3.2 Průběh měření

Pro vlastní měření je nejprve nutné zapnout příslušný program v počítači (modrá ikona lingWAVES3). Abychom mohli měření zahájit, je nutné do programu vložit složku nového pacienta nebo si otevřít složku již dříve vytvořeného pacienta (záložka File → New Patient/Open nebo s použitím ikon v panelu nástrojů pro rychlý přístup). Provedená měření se budou ukládat do složky daného pacienta a lze je vyhledat i při dalším spuštění programu. Dále je potřeba vybrat měření, které má být provedeno. V tomto případě bylo nejprve vybráno měření: Phonetogram VDC.

### 2.3.2.1 Phonetogram VDC – záznam

#### Speaking voice – mluvní hlas

Základem je vyšetřovanému pacientovi dobře vysvětlit, co bude jeho úkolem. Nejprve měl pacient počítat od 21 do 40 normálním hlasem, poté tiše (ne šepem) a nakonec hlasitě (ne křik). Pacient byl upozorněn, že je důležité, aby mezi těmito třemi hlasitostmi byl znatelný rozdíl. Následně byl pacient instruován, aby co nejhlasitěji zavolal větu „Hej, co tam děláš?“. Na začátku každého úkonu byla stisknuta příslušná ikona pro spuštění záznamu v panelu nástrojů pro rychlý přístup. Pro tuto úlohu se používají tři ikony se žlutými kolečky s písmeny S, N a L a jedna se žlutočerveným kolečkem se znakem Δ. Na panelu jsou vedle sebe. Znak S (soft) je pro tichý hlas, znak N (normal) pro normální hlas a znak L (loud) pro hlasitý hlas. Pro záznam zvolané věty (shouting) je potřeba stisknout ikonu se znakem Δ. Pokaždé, když byl daný úkon dokončen, bylo potřeba stisknout červené tlačítko „stop“, čímž byl záznam ukončen. Ukázku vykreslení můžete vidět na Obr. 14. Napravo jsou vypsány naměřené hodnoty pro jednotlivé úkony, například maximální a minimální frekvence a hlasitost. Hodnoty na obrázku jsou duplikovány a zvětšeny, aby šly přečíst a zároveň bylo vidět i původní okno programu.



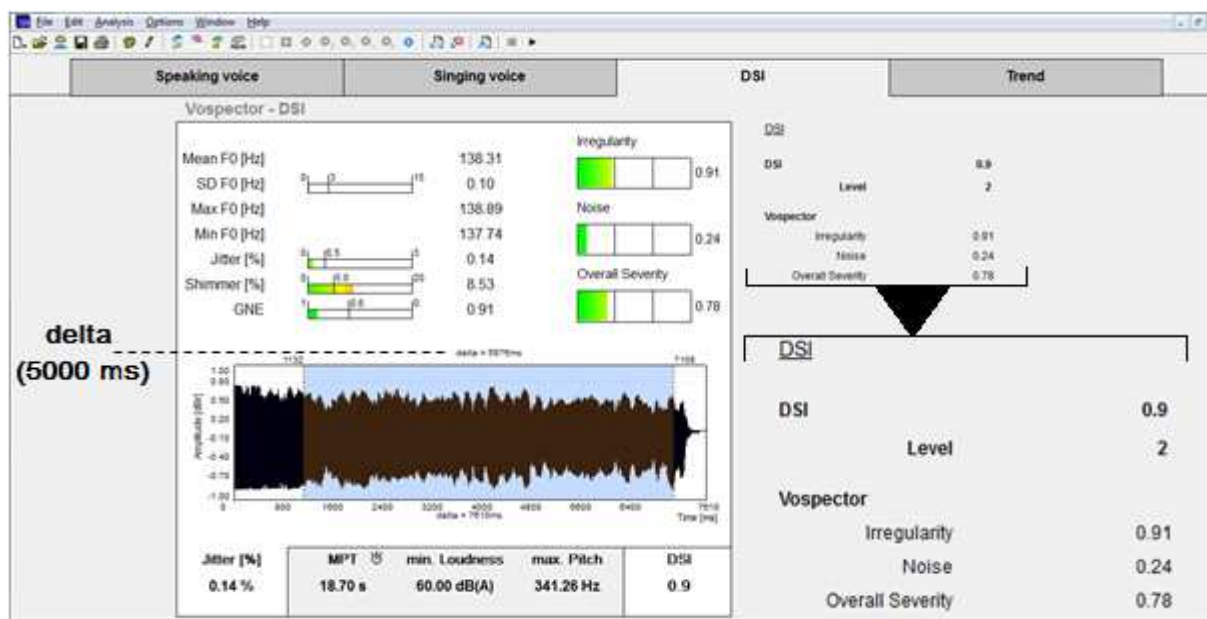
Obr. 14: Phonetogram VDC – ukázka

## DSI

Další částí vyšetření, které bylo provedeno, je DSI. Je součástí Phonetogramu VDC, stačí pouze kliknout na třetí záložku „DSI“ v horní části obrazovky. Nejprve se nahrává 5 s fonace samohlásky „a“, oblast je poté potřeba označit, pokud se již neoznačila automaticky. Záznam začíná kliknutím na ikonu s modrým kolečkem a končí kliknutím na červenou ikonu „stop“. Následně je potřeba provést prodlouženou fonaci samohlásky „a“ a změřit maximální čas fonace. Měření maximálního času fonace zahájíte i ukončíte kliknutím na obrázek stopky u parametru MPT. Hodnoty minimální hlasitosti a maximální frekvence je potřeba přepsat z první záložky „Speaking voice“. Když je vše vyplněno, vypočítá se DSI (viz 2.2.4). Číselné i slovní hodnocení tohoto indexu popisuje *Tabulka 2*. Ukázka této části vyšetření je uvedena na *Obr. 15*. Je zde zobrazen vypočítaný index, maximální doba fonace MPT a také parametry samohlásky „a“, které jsou v této práci sledovány.

*Tabulka 2: Číselné i slovní hodnocení indexu DSI [15]*

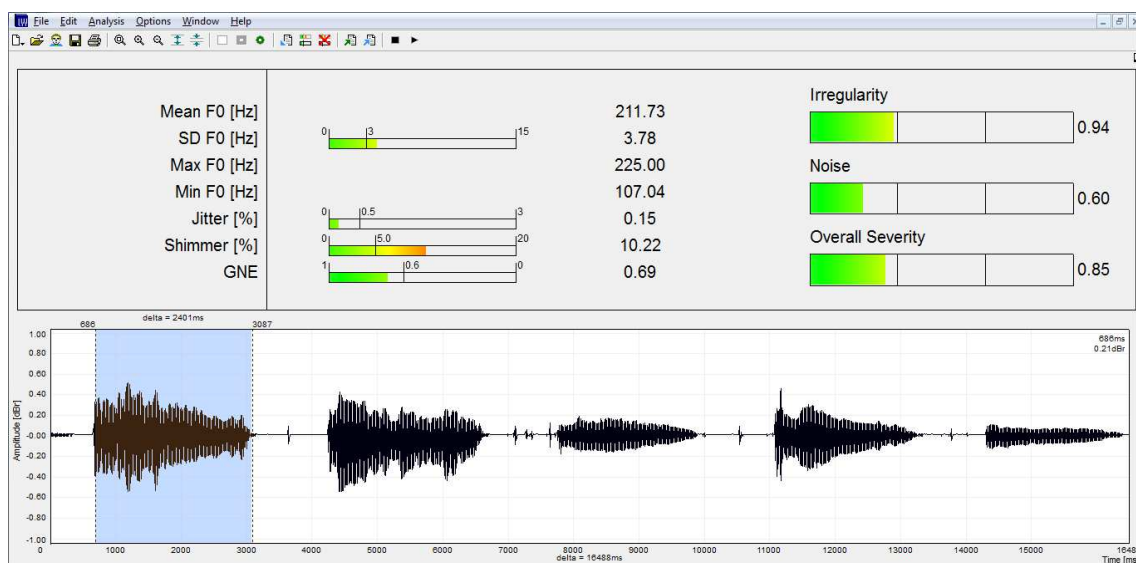
skupina	rozsah DSI	popis
0	< -2,0	Silná přetrvávající afonie, pacient není schopen tvořit hlas
1	-1,9 až +0,3	Stálá dysfonie: sporadické periody fonace, mohou být přítomny afonické periody
2	+0,4 až +2,2	Mírná dysfonie: pacient může vytvářet hlas, ale existují časté periody dysfonie
3	+2,3 až +3,3	Lehká až střední dysfonie: méně časté periody narušené fonace nebo mírná přetrvávající dysfonie
4	+3,4 až +4,3	Lehká dysfonie: sporadické dysfonické momenty v krátkých periodách
5	> +4,4	Žádná dysfonie



*Obr. 15: DSI – ukázka*

### 2.3.2.2 Vospector – záznam

Poslední a hlavní část vyšetření, která byla provedena, je záznam samohlásek. Pacient má postupně do jednoho záznamu fonovat samohlásky v tomto pořadí: „a“, „e“, „i“, „o“, „u“. Fonace jednotlivých samohlásek by měla trvat 3 s a měla by mezi nimi být 1 s odmlka. Ukázka záznamu je na Obr. 16. Záznam se spouští ikonou se zeleným kolečkem a zastavuje se opět červenou ikonou „stop“. V záznamu lze označit určitou oblast a ta je poté vyhodnocena do oblasti nad grafem. Označení oblasti se provádí stlačením kurzoru v oblasti grafu a následným pohybem kurzoru na jiné místo grafu. V místě, kde stisk kurzoru povolíme, skončí označená oblast. V tomto případě mám v grafu označenou samohlásku „a“.



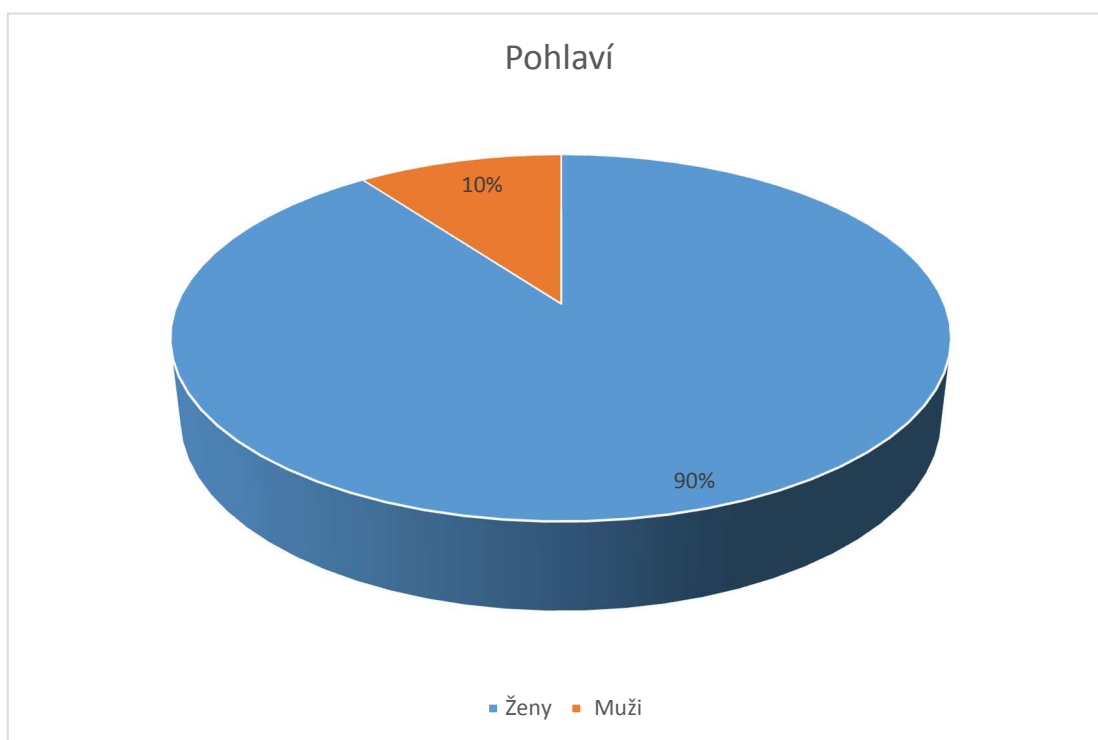
Obr. 16: Vospector – ukázka analýzy samohlásek

## 2.4 Výsledky

Měření pomocí modulárního systému VDC lingWAVES pro analýzu a terapii hlasu a řeči bylo provedeno u hlasových profesionálů – pedagogů ostravských základních škol. Celkem se do projektu zapojilo 34 základních škol z různých městských částí Ostravy. Účast jednotlivých pedagogů na měření byla založena na dobrovolnosti.

### 2.4.1 Charakteristika souboru

Celkem se měření zúčastnilo 495 pedagogů, jimž byla provedena hlasová analýza. Ve výběru bylo 446 žen (90% z celku) a 49 mužů (10% z celku), viz *Graf 1*. Jejich průměrný věk byl  $46,0 \pm 9,6$  let a průměrná délka praxe byla  $19,8 \pm 10,5$  let. Nejnižší věk v souboru byl 25 let a nejvyšší 69 let. Nejkratší délka praxe byla 1 rok a nejdelší 46 let. Ve výběru bylo 465 respondentů s vysokoškolským vzděláním (94% z celku) a 30 se středoškolským vzděláním (6% z celku).



*Graf 1: Procentuální rozložení sledovaných jedinců podle pohlaví*

## 2.4.2 Posuzované parametry

Pro tuto bakalářskou práci byla vybrána data zpracovaná systémem Vospector a z nich analýza samohlásek „a“, „i“, „u“. Analýza samohlásek se u 11 respondentů neprováděla, další analýza je proto zaměřena pouze na 484 hlasových profesionálů. Číselné záznamy z vyšetření byly vloženy do programu Microsoft Excel a zpracovány do grafů. U vybraných samohlásek byly hodnoceny parametry míra dyšnosti (GNE), nepravidelnost (Irregularity), šum (Noise) a celkové poškození (Overall Severity). Bližší charakteristika těchto parametrů je uvedena v kapitole 1.4.3.1 teoretické části této práce.

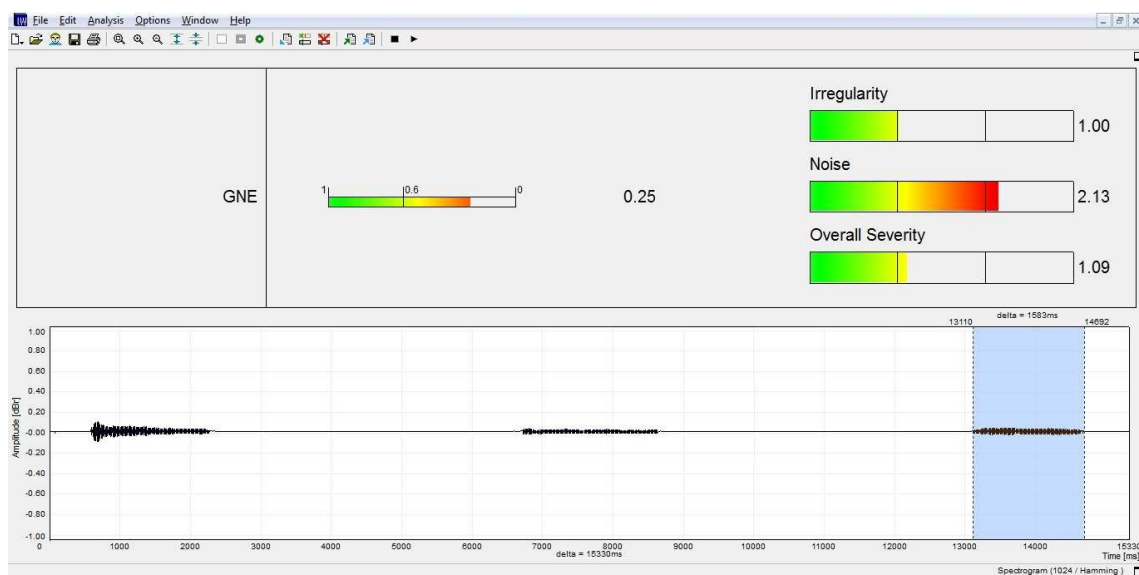
Výsledek analýzy je určen číselnou hodnotou a barevným zobrazením ve třech buňkách (v případě GNE pouze ve dvou buňkách). Bylo potřeba určit hodnoty náležející barvám jednotlivých oblastí. V případě, že je daný parametr v normě, je oblast zelená. Žlutá až oranžová barva značí širší normu a červená barva značí, že je parametr pozitivní. Po prozkoumání záznamů vyšetřovaných respondentů byly zjištěny intervaly pro jednotlivé úrovně poškození. *Tabulka 3* obsahuje intervaly jednotlivých oblastí.

Na *Obr. 17* je uveden jeden z příkladů grafických výsledků analýzy. Jedná se o vyšetření samohlásky „u“. Šum je v tomto případě pozitivní, nepravidelnost je na hranici mezi normou a širší normou a další dva parametry jsou v širší normě. Druhý příklad je uveden na *Obr. 18*, zde se jedná o záznam samohlásky „i“ a všechny sledované parametry jsou v normě.

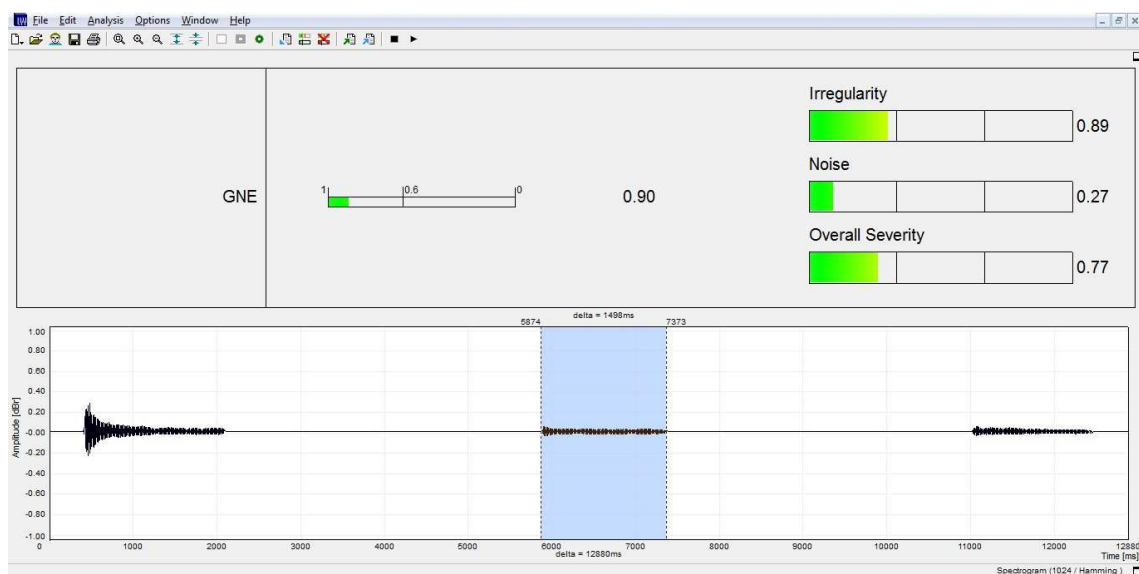
*Tabulka 3: Číselné rozdělení oblastí míry poškození u jednotlivých parametrů – v lingWAVES*

	Norma	Širší norma	Pozitivní výsledek
Míra dyšnosti	1-0,6	0,59-0,2	0,19-0
Nepravidelnost	0-1	1,01-2	2,01-3
Šum	0-1	1,01-2	2,01-3
Celkové poškození	0-1	1,01-2	2,01-3





Obr. 17: Záznam vyšetření míry poškození čtyř parametrů samohlásky „u“



Obr. 18: Záznam vyšetření míry poškození čtyř parametrů samohlásky „i“

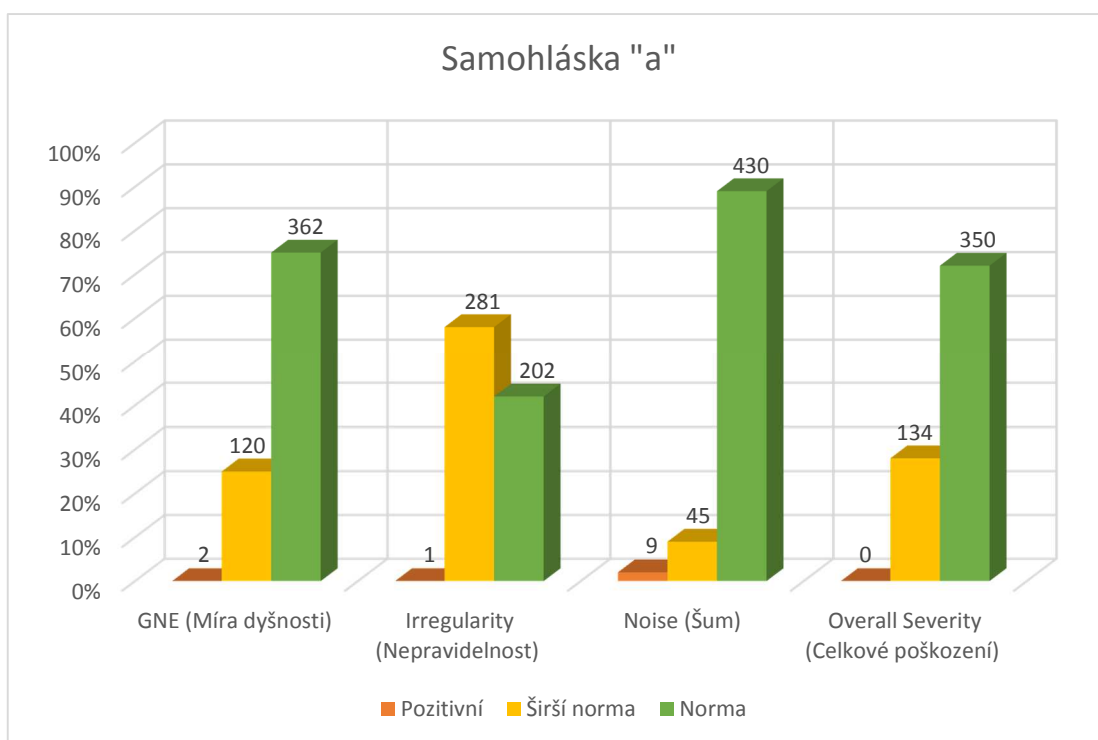
## 2.4.3 Hodnocení získaných výsledků

### 2.4.3.1 Hodnocení samohlásky „a“

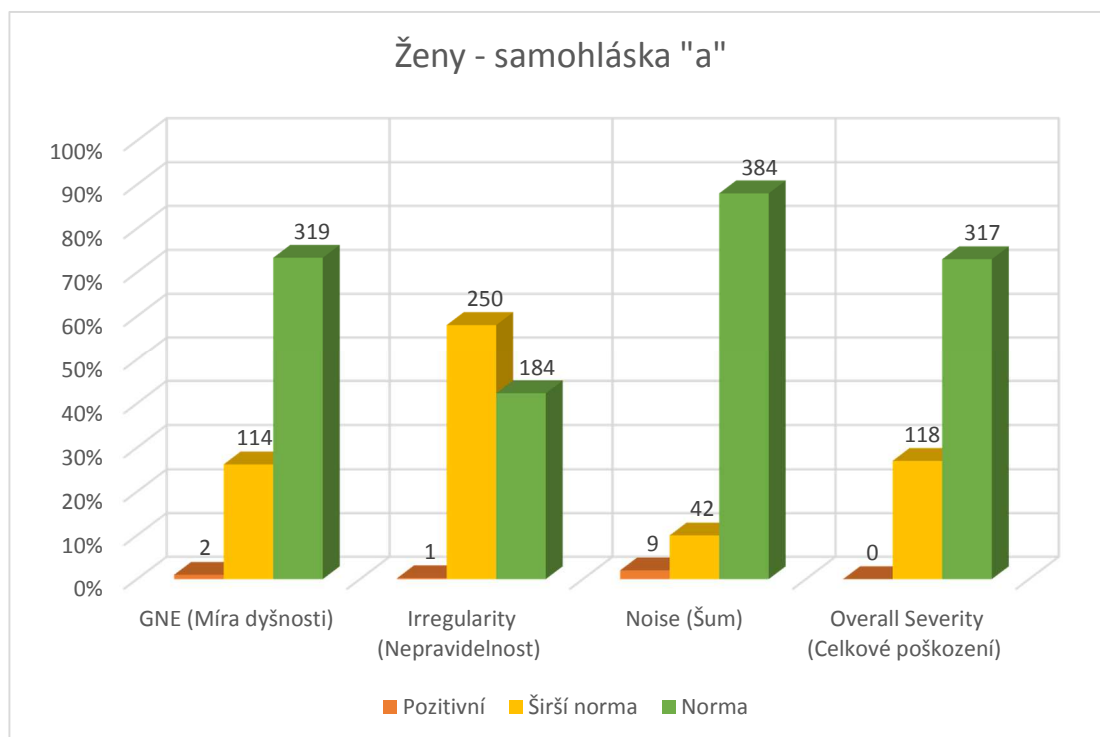
Data získaná pomocí měření samohlásky „a“ rozdělila soubor následovně. Míra dyšnosti byla u 362 pedagogů v normě, u 120 respondentů v širší normě a u 2 hlasových profesionálů pozitivní. Nepravidelnost byla v normě u 202 pedagogů, u 281 respondentů v širší normě a u 1 hlasového profesionála pozitivní. Šum byl u 430 pedagogů v normě, u 45 respondentů v širší normě a u 9 hlasových profesionálů pozitivní. Celkové poškození bylo u 350 pedagogů v normě, u 134 respondentů v širší normě a žádný hlasový profesionál neměl výsledek pozitivní. Zpracované výsledky zobrazuje *Graf 2*. Barvy byly použity v návaznosti na obrázky získané z Vospectoru (zelená – norma, žlutá – širší norma, oranžová – pozitivní).

Největší část respondentů má u samohlásky „a“ v normě šum a více než 50% pedagogů má nepravidelnost hlasu v oblasti širší normy.

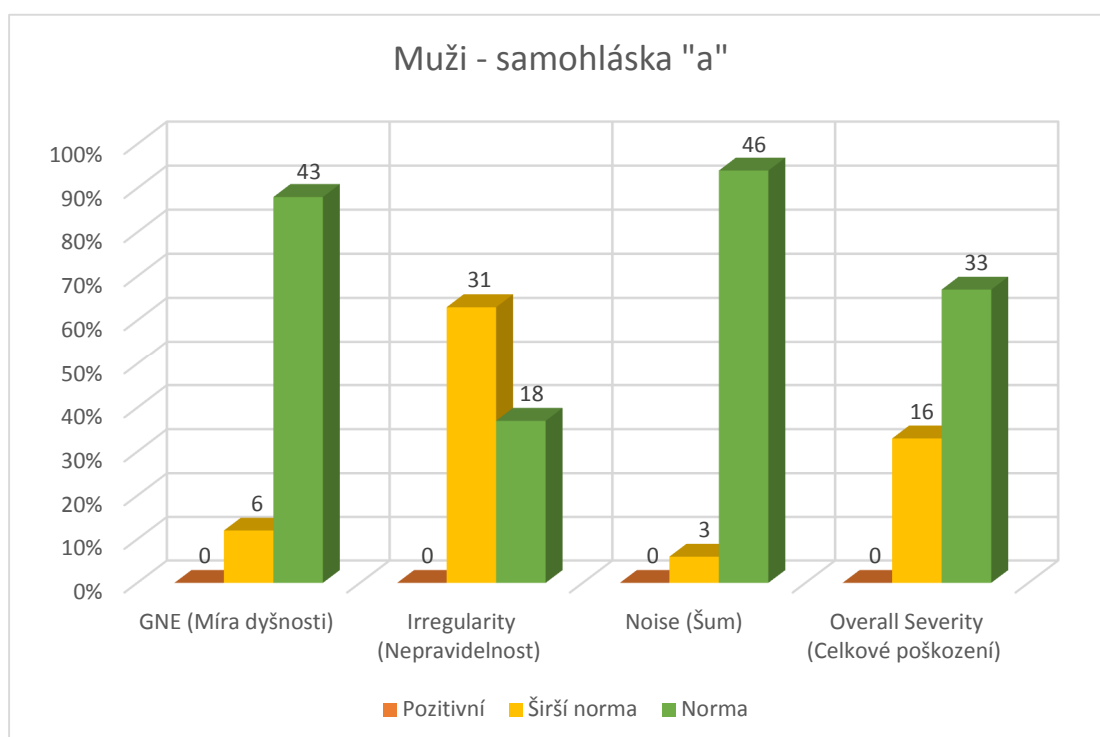
Analýza samohlásky „a“ je rozdělena podle pohlaví respondentů, viz *Graf 3* a *Graf 4*. Muži dosahují lepších výsledků analýzy zejména u míry dyšnosti a šumu, což ale může být způsobeno také menším počtem vyšetřovaných mužů.



*Graf 2: Rozdělení hlasových profesionálů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „a“*



*Graf 3: Rozdělení žen podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „a“*



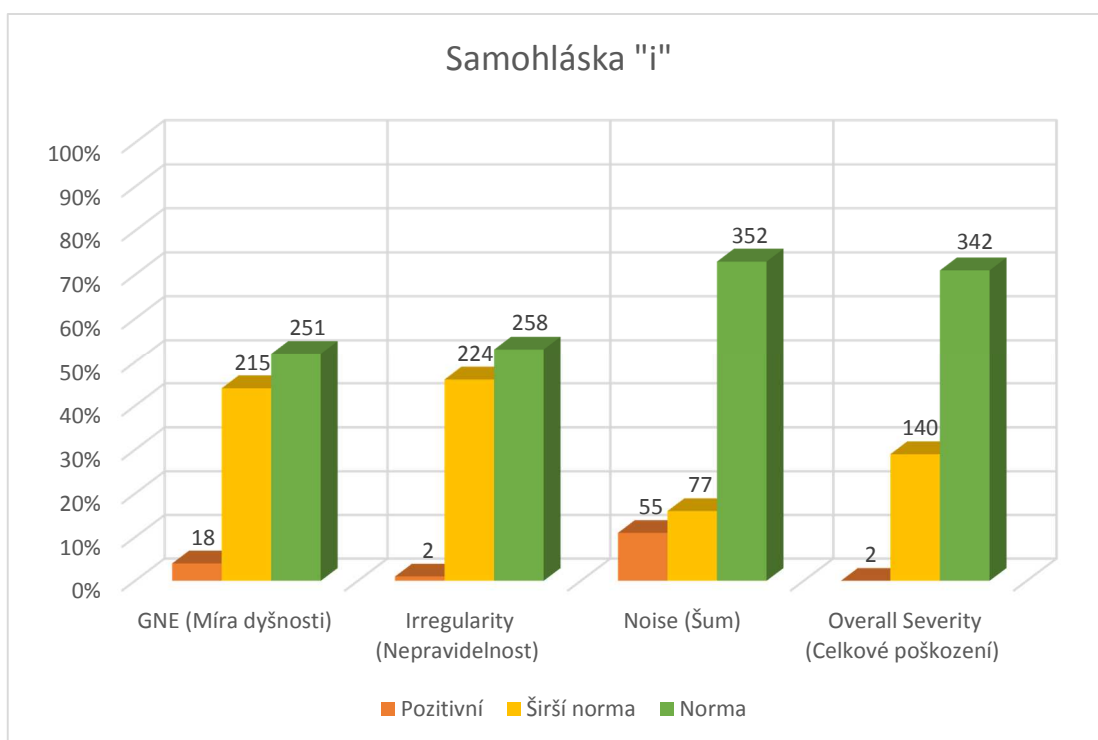
*Graf 4: Rozdělení mužů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „a“*

### 2.4.3.2 Hodnocení samohlásky „i“

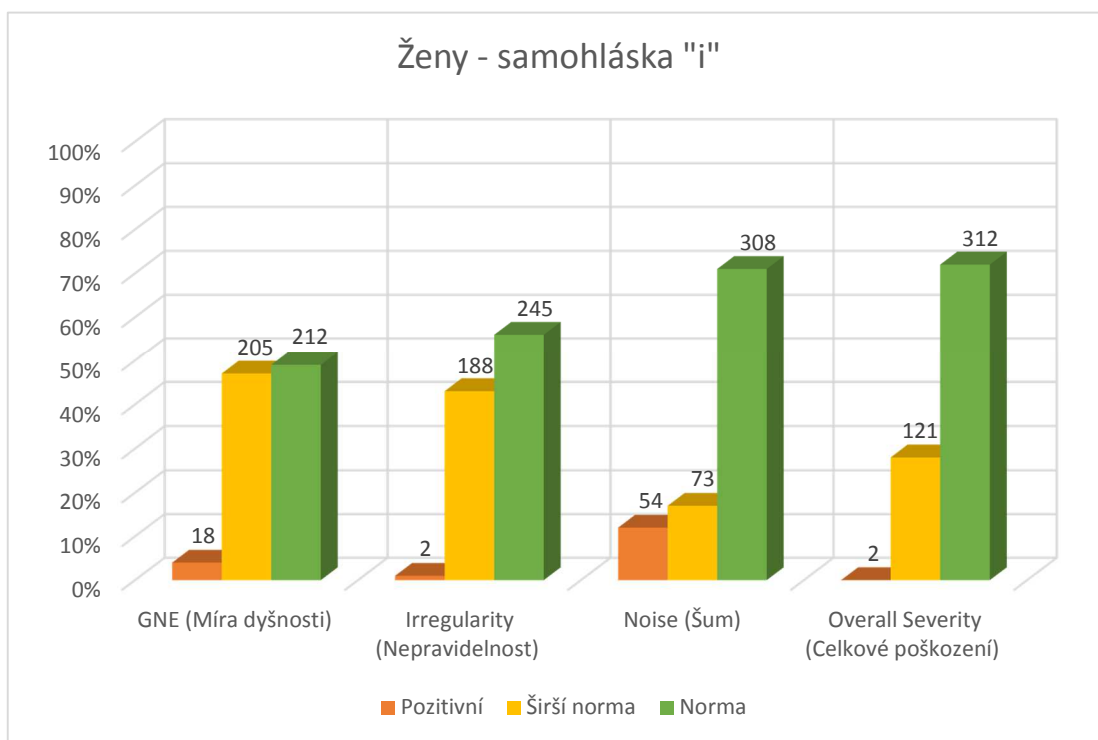
Data získaná pomocí měření samohlásky „i“ rozdělila soubor následovně. Míra dyšnosti byla u 251 pedagogů v normě, u 215 respondentů v širší normě a u 18 hlasových profesionálů pozitivní. Nepravidelnost byla v normě u 258 pedagogů, u 224 respondentů v širší normě a u 2 hlasových profesionálů pozitivní. Šum byl u 352 pedagogů v normě, u 77 respondentů v širší normě a u 55 hlasových profesionálů pozitivní. Celkové poškození bylo u 342 pedagogů v normě, u 140 respondentů v širší normě a u 2 hlasových profesionálů pozitivní. Zpracované výsledky zobrazuje *Graf 5*.

U samohlásky „i“ se začíná více projevovat šum, který je pozitivní pětinašobně častěji než u samohlásky „a“. Do oblasti širší normy se u samohlásky „i“ rozptylují parametry nepravidelnost a míra dyšnosti, ale všechny parametry se vyskytují častěji v normě než v ostatních oblastech.

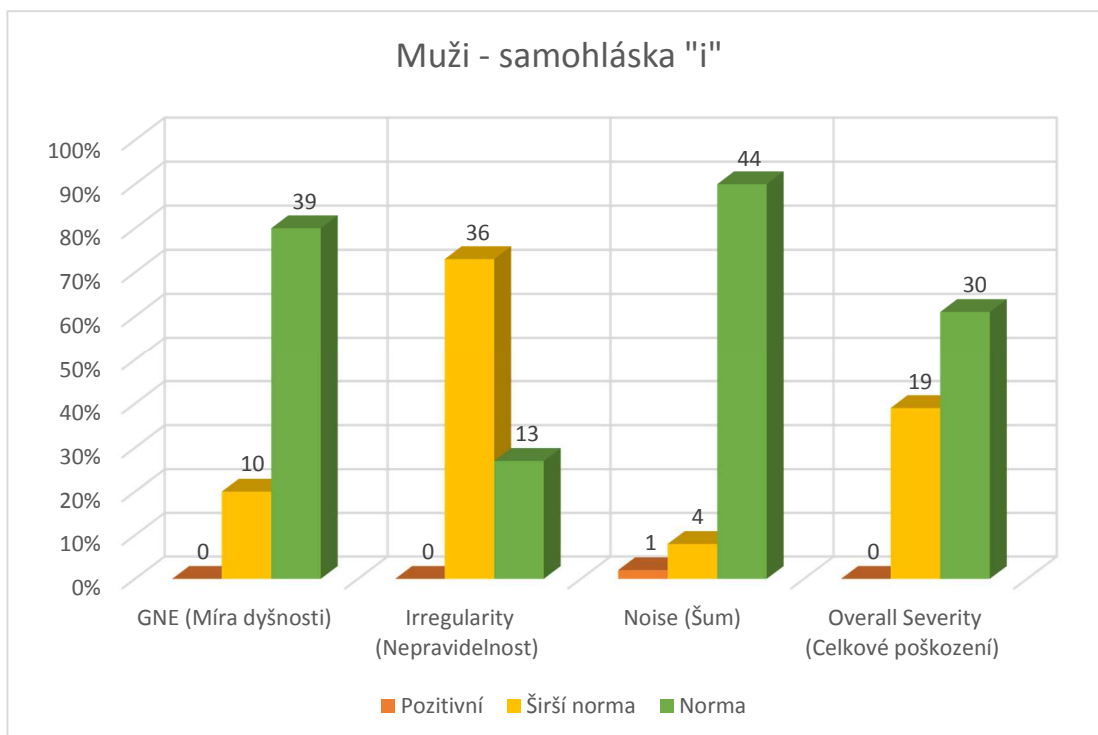
Analýza samohlásky „i“ je rozdělena podle pohlaví respondentů, viz *Graf 6* a *Graf 7*. Muži dosahují lepších výsledků analýzy zejména u míry dyšnosti a šumu. Naopak horších výsledků dosahují v případě nepravidelnosti a celkového poškození hlasu. Výsledky mohou být také ovlivněny menším počtem vyšetřovaných mužů.



*Graf 5: Rozdělení hlasových profesionálů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „i“*



*Graf 6: Rozdělení žen podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „i“*



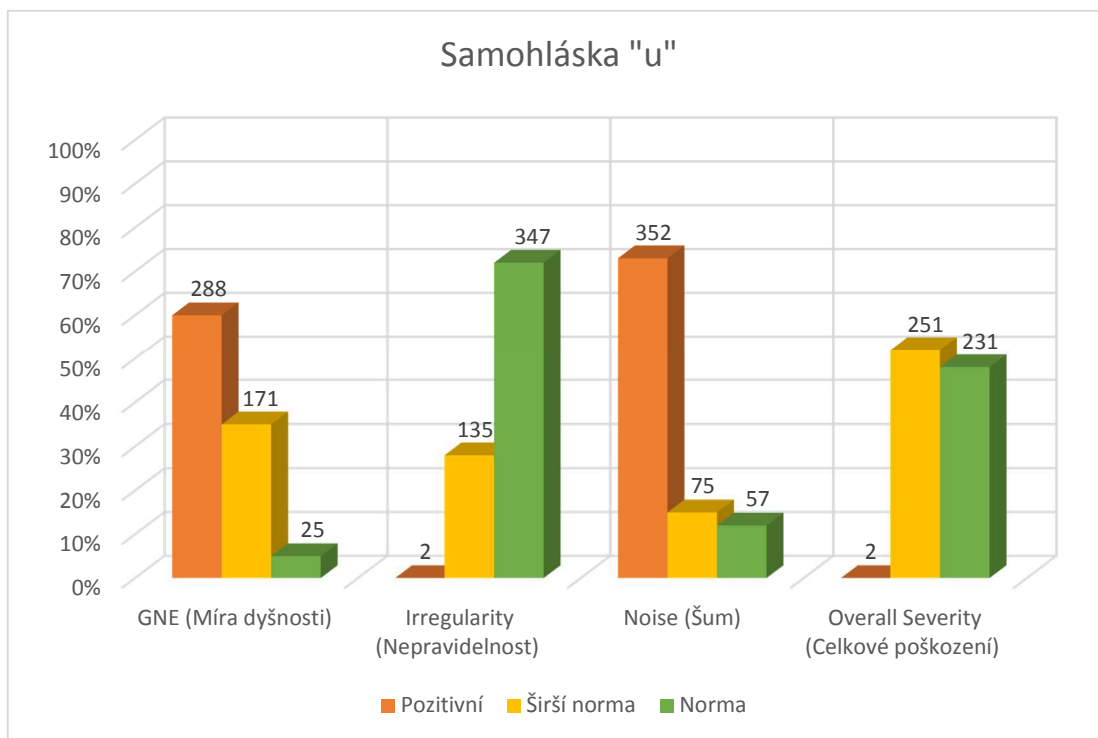
*Graf 7: Rozdělení mužů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „i“*

#### 2.4.4.1 Hodnocení samohlásky „u“

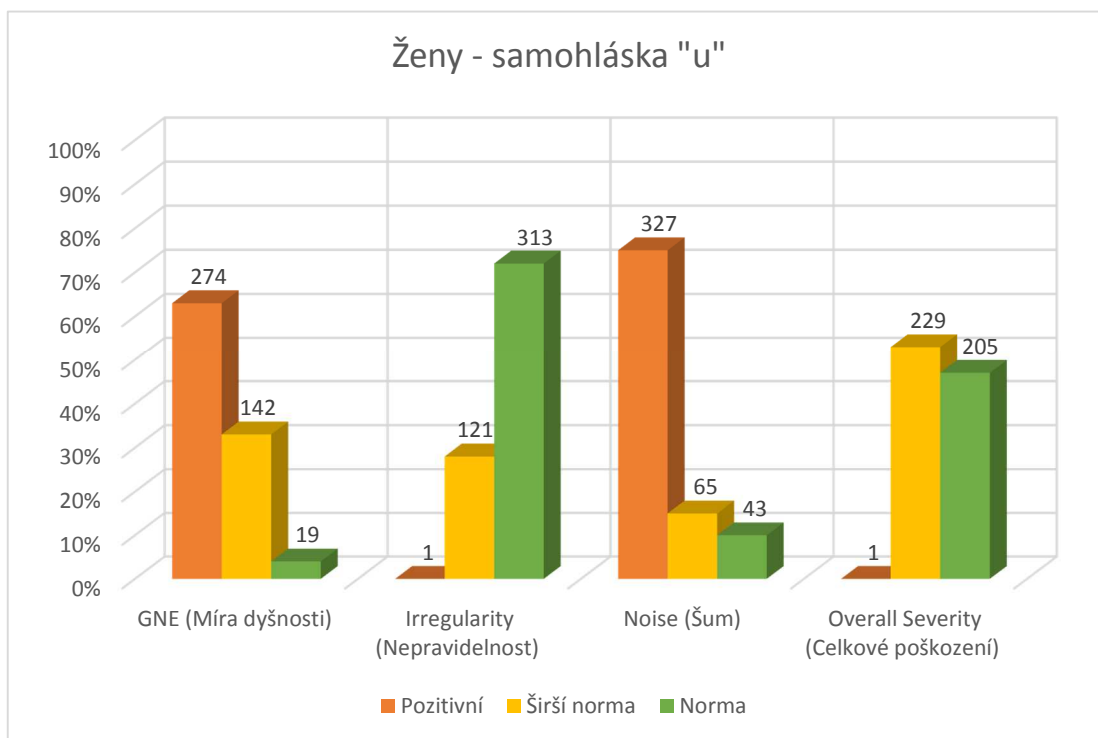
Data získaná pomocí měření samohlásky „u“ rozdělila soubor následovně. Míra dyšnosti byla u 25 pedagogů v normě, u 171 respondentů v širší normě a u 288 hlasových profesionálů pozitivní. Nepravidelnost byla v normě u 347 pedagogů, u 135 respondentů v širší normě a u 2 hlasových profesionálů pozitivní. Šum byl u 57 pedagogů v normě, u 75 respondentů v širší normě a u 352 hlasových profesionálů pozitivní. Celkové poškození bylo u 231 pedagogů v normě, u 251 respondentů v širší normě a u 2 hlasových profesionálů pozitivní. Zpracované výsledky zobrazuje *Graf 8*.

V případě analýzy samohlásky „u“ lze pozorovat největší zhoršení hlasu. Pozitivní výsledky vycházejí pro míru dyšnosti (60% pedagogů) a šum hlasu (73% pedagogů). Celkové poškození se u většiny respondentů pohybuje v oblasti širší normy. Naproti tomu nepravidelnost samohlásky „u“ je u 71% pedagogů v normě.

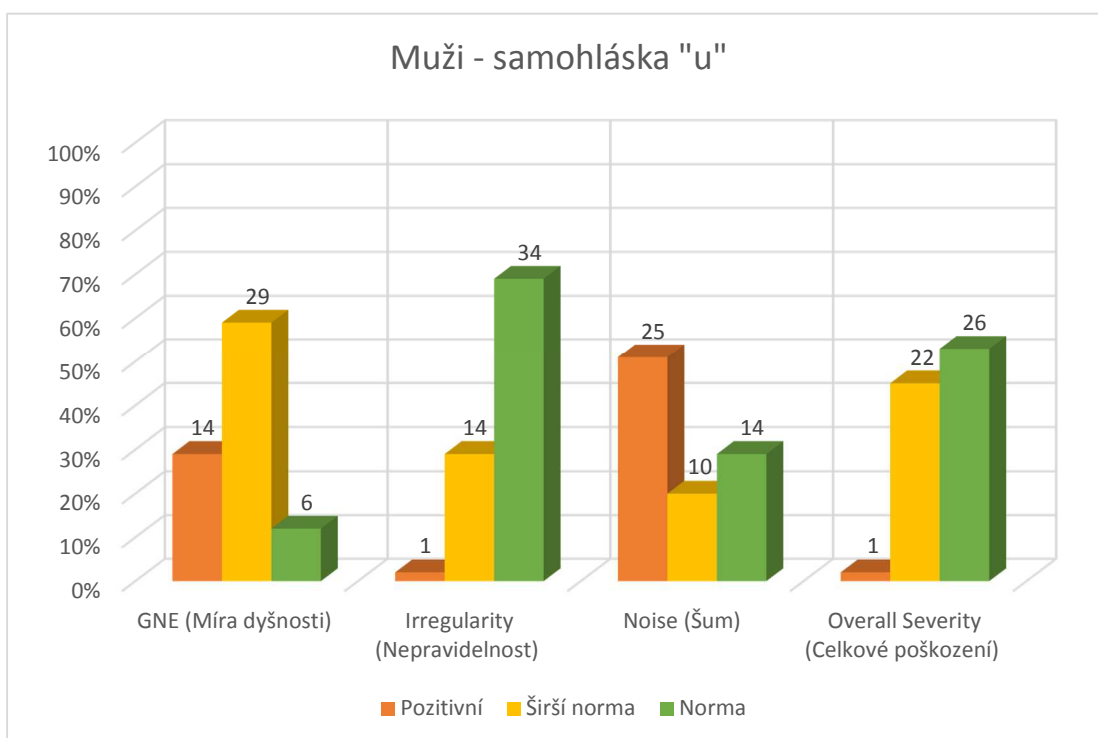
Analýza samohlásky „u“ je rozdělena podle pohlaví respondentů, viz *Graf 9* a *Graf 10*. Muži dosahují mnohem lepších výsledků analýzy zejména u míry dyšnosti a šumu. V případě míry dyšnosti zůstávají výsledky žen v 63% pozitivní, zatímco výsledky většiny mužů jsou v oblasti normy a střední normy (pouze 29% pozitivní). Výsledky šumu jsou u mužů pozitivní v 51% a u žen v 75% případů. Výsledky mohou být ovlivněny menším počtem vyšetřovaných mužů.



*Graf 8: Rozdělení hlasových profesionálů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „u“*



*Graf 9: Rozdělení žen podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „u“*



*Graf 10: Rozdělení mužů podle míry poškození jednotlivých měřených parametrů samohlásky „u“*

## 2.5 Ukázka aplikace

Pro předvedení využití aplikace byly vybrány tři naměřené vzorky hlasové analýzy z vlastního měření. *Tabulka 4*, *Tabulka 5* a *Tabulka 6* obsahují naměřené hodnoty parametrů pro jednotlivé vzorky. Pod každou tabulku byl vložen obrázek, který zobrazuje naměřené hodnoty příslušného vzorku v programu lingWAVES, jsou pojmenovány *Obr. 19*, *Obr. 21* a *Obr. 23*. Aby nebyly u každého vzorku 4 obrázky (3 pro jednotlivé samohlásky a 1 pro aplikaci), byla pro znázornění vybrána samohláska „u“ pro všechny vzorky, protože nejčastěji vykazuje známky poškození a jsou tak na ní nejlépe vidět rozdíly.

Pro možnost porovnání výsledků bylo nejprve potřeba spustit aplikaci „*Hlasová analýza - aplikace*“, která je k této práci přiložena na CD. Poté byly vyplněny pole hodnot všech parametrů, podle přiložených tabulek. Když byly všechny hodnoty správně vyplněny, bylo stisknuto tlačítko „*Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky „a““* (případně „*i*“ nebo „*u*“). Tím se hodnoty parametrů u dané samohlásky vykreslily do grafů.

Vykreslení hodnot parametrů jednotlivých samohlásek, které byly zadány do vytvořené aplikace, bylo vloženo do *Obr. 20*, *Obr. 22* a *Obr. 24*. Můžete na nich vidět, že barevné kruhy parametrů nepravidelnost, šum a celkové poškození se v grafu vykreslily na ose v takové hodnotě, která je totožná se zadanými hodnotami. Oproti tomu parametr míra dyšnosti se vykreslil na ose v hodnotě, která je přepočítána aplikací tak, aby odpovídala stupni poškození. Je vhodnější, že se parametr míra dyšnosti v aplikaci vykresluje vzestupně, stejně jako ostatní parametry. Tedy tak, že na číselné ose je možno pozorovat zlepšení parametru (hodnota na ose stoupá) nebo zhoršení (hodnota na ose klesá). Pro pacienta i pro obsluhu přístroje mohlo být matoucí, když se tento parametr jako jediný hodnotil v programu lingWAVES jinak, než ostatní parametry (čím nižší byla hodnota, tím více byl parametr poškozen). Nyní je proto hodnota parametru přepočítána na stupeň poškození a přizpůsobena ostatním parametrům.

Dalším důvodem pro přepočet parametru míra dyšnosti bylo umožnit sledovat v aplikaci všechny parametry vykreslené zároveň do stejných grafů. Jak již bylo zmíněno výše, pro ukázkou programu lingWAVES byly zvoleny pouze samohlásky „u“, a to proto, že tento program neumožňuje zobrazit hodnocení více samohlásek současně. Při porovnání obrázků, které popisují příslušné vzorky lze vidět, že v aplikaci jsou zobrazeny výsledky všech samohlásek současně. Tím je umožněna lepší vizuální představa o poškození hlasu, který díky tomu může být hodnocen jako celek. Obsluze je také ušetřen čas tím, že všechny samohlásky mohou být zobrazeny zároveň a dále porovnávány i se staršími záznamy.

Cílem bylo upřesnit a vizuálně lépe znázornit hodnocení hlasu. Pro přesnější hodnocení byla míra poškození ve vytvořené aplikaci rozdělena do pěti oblastí, protože rozdělení do tří oblastí nebylo dostatečné. Nejproblematictější hodnocení výsledků programem lingWAVES bylo tam, kde se hodnoty nacházely v blízkosti hranic mezi jednotlivými oblastmi. Díky nedostatečně přesnému hodnocení mohlo docházet k nesprávné interpretaci výsledků. V novém rozdělení „stupeň poškození 1“ značí normu, „stupeň poškození 2“ určuje střed mezi zdravým a nefunkčním hlasem a „stupeň poškození 3“ znamená největší dysfunkci hlasu. Navíc jsou ale přidány dvě nové oblasti („stupeň poškození 1-“ mezi „1“ a „2“ a „stupeň poškození 2-“ mezi „2“ a „3“), které zahrnují okolí mezních hodnot. Každý stupeň má pak přiřazen svůj barevný graf, který zobrazuje, jak moc je parametr poškozen, pokud se v dané oblasti nachází. Barvy začínají zelenou („stupeň poškození 1“ – žádná dysfunkce), přes žlutou („stupeň poškození 1-“ – malé poškození), dále žlutá až oranžová („stupeň poškození 2“ – střední poškození),



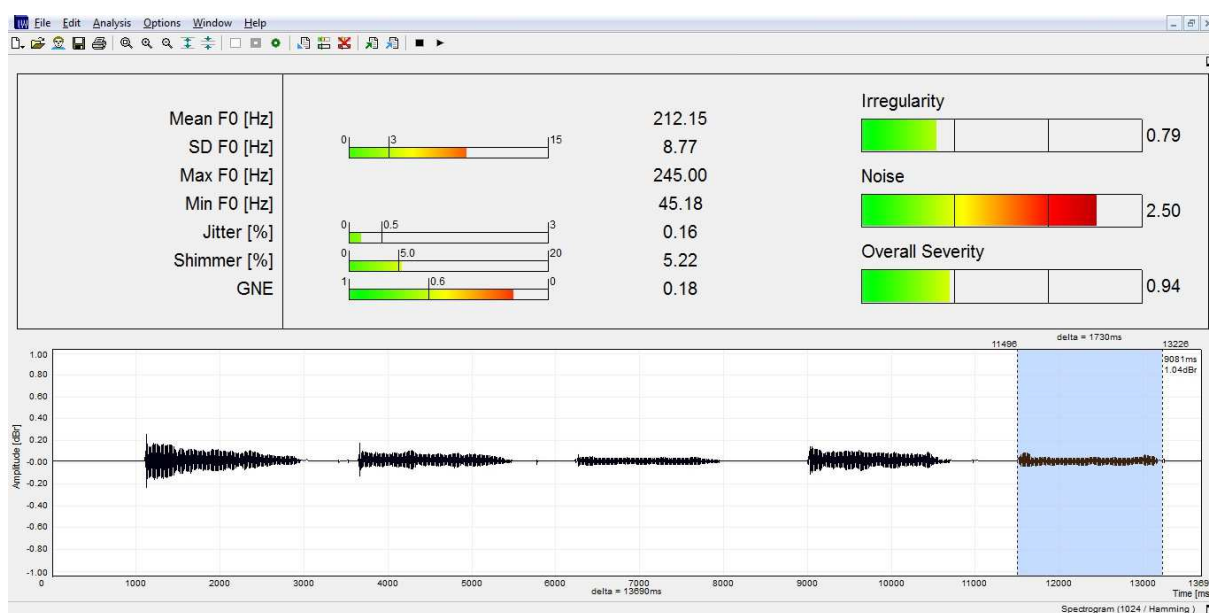
oranžová („stupeň poškození 2-“ – velké poškození), až k červené („stupeň poškození 3“ – největší dysfunkce). „Stupeň poškození 2-“ a „3“ jsou již závažné.

Nově vytvořené číselné rozdělení oblastí míry poškození bylo popsáno výše u tvorby aplikace, konkrétně jej popisuje *Tabulka 1*. Pro hodnocení je důležité vědět, že čím blíží pravému okraji grafu je parametr vykreslen, tím více je poškozen (čím blíží levému okraji, tím méně je poškozen). Při porovnávání obrázků si všimněte, dvou oblastí, které jsou v aplikaci navíc. Z obrázků je také jasně vidět, že většina výsledků se zobrazuje právě v těchto nových oblastech, především v oblasti „stupeň poškození 1-“.

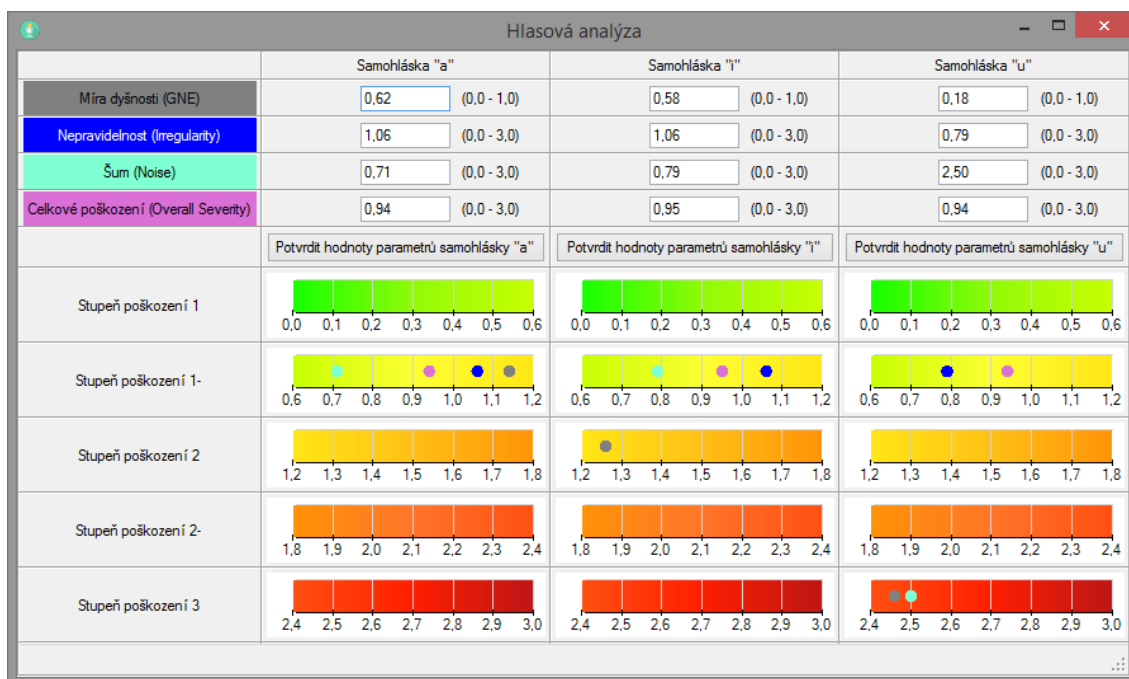
Při porovnání zobrazení vzorku č. 1 programem lingWAVES (*Obr. 19*) se zobrazením v aplikaci (*Obr. 20*), je vidět rozdíl zejména v hraničních oblastech prvního z obrázků. Parametry nepravidelnost a celkové poškození spadají v programu lingWAVES do oblasti normy. Při rozdělení v aplikaci je vidět, že oba parametry se u samohlásky „u“ pohybují ve žluté oblasti „stupeň poškození 1-“ a nejsou tedy zcela v pořádku. Parametry míra dyšnosti a šum jsou poškozené podle obou obrázků, ale na zobrazení v aplikaci je vidět, že jsou poblíž levé hranice grafu a jsou tedy blízko nižšímu stupni poškození. V případě, že by toto měření bylo provedeno u pacienta, jehož výsledky můžeme porovnávat s předchozím hodnocením, můžeme pak snadno říct, zda se poškození jeho hlasu zlepšuje nebo zhoršuje. Tato možnost efektivního porovnávání s předchozími výsledky platí také u dalších vzorků.

*Tabulka 4: Naměřené hodnoty vybraných samohlásek – vzorek č. 1*

	Samohláska „a“	Samohláska „i“	Samohláska „u“
Míra dyšnosti (GNE)	0,62	0,58	0,18
Nepravidelnost (Irregularity)	1,06	1,06	0,79
Šum (Noise)	0,71	0,79	2,50
Celkové poškození (Overall Severity)	0,94	0,95	0,94



*Obr. 19: Vykreslení naměřených hodnot samohlásky „u“ – vzorek č. 1 v programu lingWAVES*

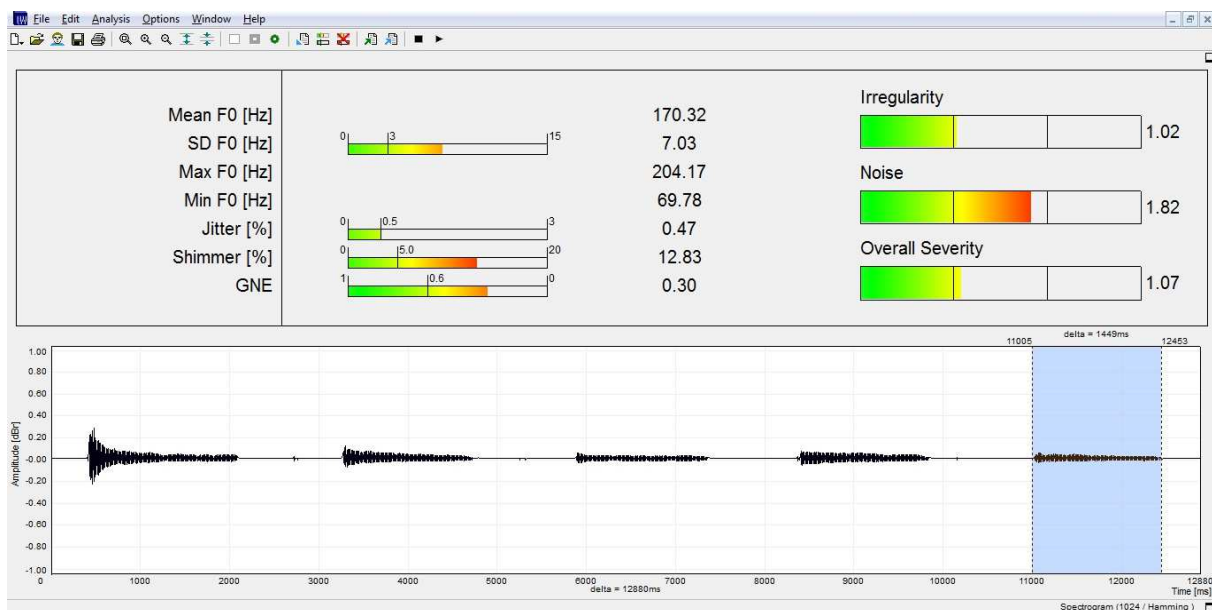


Obr. 20: Vykreslení naměřených hodnot vzorku č. 1 ve vlastní aplikaci

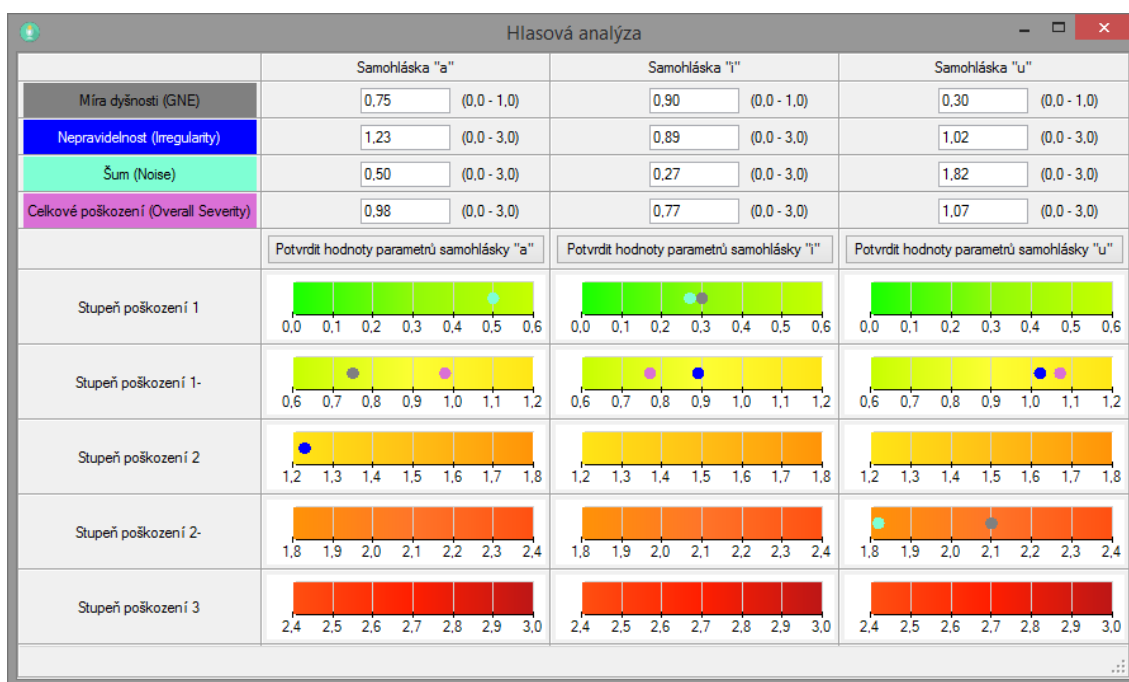
Na Obr. 21 jsou všechny sledované parametry v širší normě. Oproti tomu na Obr. 22 se vyskytují dva z parametrů v oblasti malého poškození a dva v oblasti velkého poškození a je mezi nimi znatelný velký rozdíl. Také je zde vyčnívající parametr šum, který se vyskytuje blízko levé hranice oblasti „stupeň poškození 2-“, má tedy blíž k oblasti „stupeň poškození 2“, než k oblasti „stupeň poškození 3“.

Tabulka 5: Naměřené hodnoty vybraných samohlásek – vzorek č. 2

	Samohláska „a“	Samohláska „i“	Samohláska „u“
Míra dyšnosti (GNE)	0,75	0,90	0,30
Nepravidelnost (Irregularity)	1,23	0,89	1,02
Šum (Noise)	0,50	0,27	1,82
Celkové poškození (Overall Severity)	0,98	0,77	1,07



Obr. 21: Vykreslení naměřených hodnot samohlásky „u“ – vzorek č. 2 v programu lingWAVES

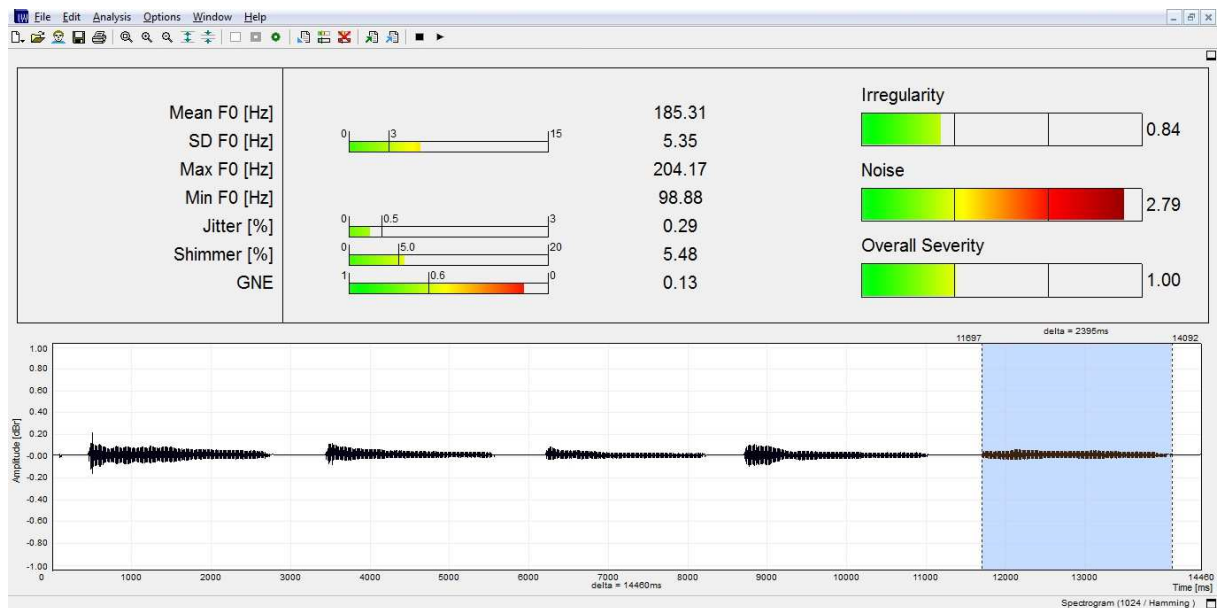


Obr. 22: Vykreslení naměřených hodnot vzorku č. 2 ve vlastní aplikaci

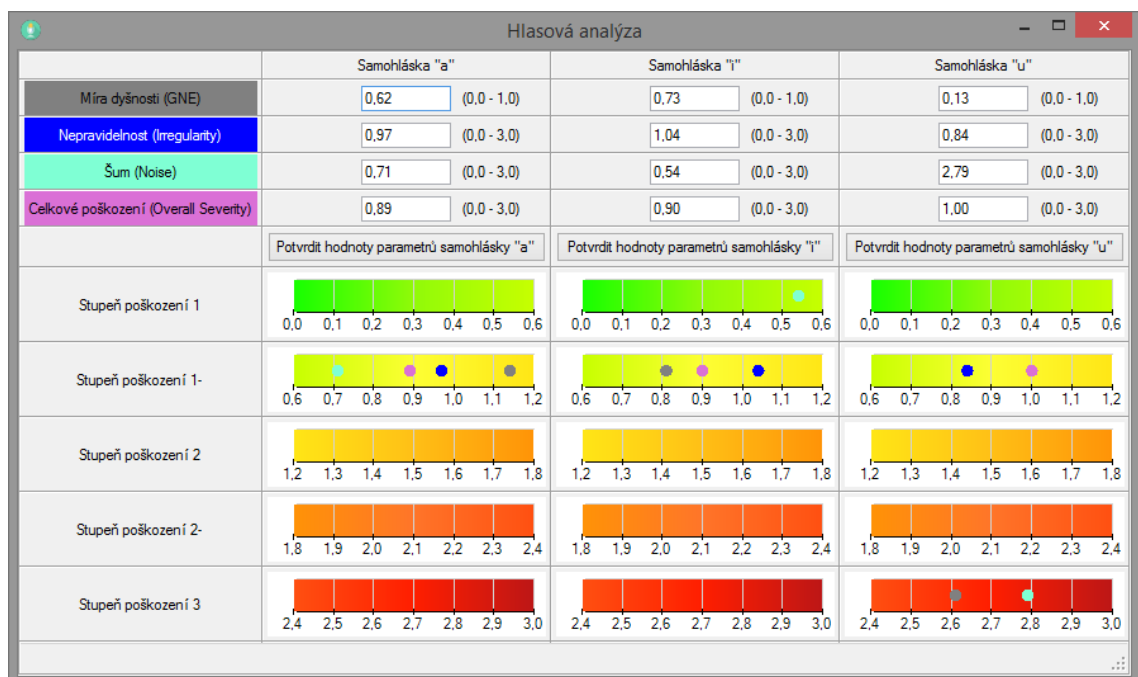
Výhody přesnějšího rozdělení jsou patrné také na Obr. 24, kde je vidět pozitivní nález (největší dysfonie) u samohlásky „u“, a to u parametrů míra dyšnosti a šum. Z těchto dvou parametrů je více poškozen šum, protože se vyskytuje blíže pravé hranici číselné osy příslušného grafu. Při pozorování hodnocení stejného vzorku a samohlásky na Obr. 23 nelze rozeznat rozdíl mezi těmito dvěma poškozenými parametry. Dále je při porovnání vidět rozdíl u parametru celkové poškození, který vyskytuje na hranici mezi normou a širší normou. Při porovnání tohoto výsledku s hodnocením v aplikaci je jasné vidět, že nejen parametr celkové poškození, ale také parametr nepravidelnost spadá do žlutě škálované oblasti „stupeň poškození 1-“ a není tedy natolik v pořádku, jak by se mohlo, bez použití vytvořené aplikace, na první pohled jevit.

Tabulka 6: Naměřené hodnoty vybraných samohlásek – vzorek č. 3

	Samohláska „a“	Samohláska „i“	Samohláska „u“
Míra dyšnosti (GNE)	0,62	0,73	0,13
Nepravidelnost (Irregularity)	0,97	1,04	0,84
Šum (Noise)	0,71	0,54	2,79
Celkové poškození (Overall Severity)	0,89	0,90	1,00



Obr. 23: Vykreslení naměřených hodnot samohlásky „u“ – vzorek č. 3 v programu lingWAVES



Obr. 24: Vykreslení naměřených hodnot vzorku č. 3 ve vlastní aplikaci

## Závěr

Hlas je verbálním prostředkem pro komunikaci a jednou ze základních součástí společenského života. Základem praktické části mé práce je analýza akustická, která se velmi rychle rozvíjí v závislosti na vývoji techniky. Přístroje se rychle vylepšují a vyšetření hlasu je tak přesnější a o člověku vypovídá více. Analýza hlasu nám může být užitečná pro zjištění poškození hlasu, jeho následné sledování, ale také pro identifikaci mluvčího nebo odhalení emocí v hlase. Mimo jiné je také důležitá i z hlediska hlasové prevence.

Tato práce, jejíž tvorba byla umožněna v Centru pro poruchy sluchu a rovnováhy, je zaměřena zejména na problematiku poškození hlasu. K poškození hlasu může vést zranění, onemocnění, ale také nadměrné nebo nesprávné používání hlasu. Analýza byla realizována na hlasovém diagnostickém centru lingWAVES. Jedním z cílů práce bylo provést a popsat měření parametrů míra dyšnosti, nepravidelnost, šum a celkové poškození samohlásek „a“, „i“, „u“. Měření bylo uskutečněno systémem Vospector a náležitě popsáno.

Cílem práce bylo také vytvoření aplikace, která vyřeší nedostatky hlasového diagnostického centra lingWAVES. Tento cíl byl splněn, průběh vytvoření aplikace, její použití i výhody, jsou náležitě popsány v této práci a funkční aplikace je přiložena v přílohách. Přínosem této práce pro praxi je zejména shrnutí problematiky týkající se hlasové analýzy a také vytvoření aplikace, která umožňuje přesnější rozdělení při hodnocení parametrů hlasu a lepší vizuální představu o poškození hlasu. Hlasové diagnostické centrum lingWAVES neumožňovalo sledovat více samohlásek zároveň. Tento nedostatek byl v aplikaci vyřešen a lze v ní sledovat výsledky parametrů všech samohlásek současně. Možnost porovnávání parametrů jednotlivých samohlásek mezi sebou může být užitečná například pro vybrání vhodné léčby nebo hlasové rehabilitace. Dalším nedostatkem programu lingWAVES bylo, že rozdělení pouze na tři oblasti nebylo dostatečné, protože výsledky, které se vyskytovaly poblíž hranice mezi jednotlivými oblastmi, nemusely být vždy správně zařazeny. Aplikace proto rozděluje výsledky do pěti oblastí a hraniční výsledky jsou tak odděleny od těch, které se daly snadno roztrždit. Toto vylepšení umožňuje přesnější hodnocení hlasu. Výhodou aplikace je mimo jiné vysoká přívětivost pro obsluhu, která díky komentářům a ošetření možných chyb, prakticky nemůže udělat chybu při zadávání naměřených hodnot. Díky přehlednému znázornění může aplikace ulehčit vzájemné porozumění mezi pacientem a vyšetřujícím. Výhodou aplikace také je, že hlas může být hodnocen jako celek. Tento komplexnější pohled na výsledky analýzy může lékaři usnadnit určení diagnózy pacienta. V případě pacientů, jejichž hlas byl již v minulosti měřen, je snadnější zobrazit a pacientovi názorně ukázat zhoršení nebo zlepšení jeho hlasu.

Zadání této práce bylo rozšířeno o zpracování databáze pedagogů. Byly porovnávány výsledky pro jednotlivé samohlásky a poté s přidaným kritériem pohlaví. U samohlásky „a“ byl nejvíce poškozený parametr nepravidelnost, ale vyskytoval se převážně v oblastech širší normy, což ještě neznačí patologii hlasu. V závislosti na pohlaví u samohlásky „a“ je vidět, že lepších výsledků dosahují muži, a to u parametrů míra dyšnosti a šum. U samohlásky „i“ je již více poškozen šum (až pětinašobně oproti samohlásce „a“) a v oblastech širší normy se častěji vyskytují parametry nepravidelnost a míra dyšnosti, přesto stále převládá výskyt parametrů v oblasti normy. Muži dosahovali v případě samohlásky „i“ opět lepších výsledků u parametrů míra dyšnosti a šum, ale horších u parametrů nepravidelnost a celkové poškození. Při zhodnocení samohlásky „u“ můžeme vidět největší zhoršení, a to zejména u parametrů míra dyšnosti a šum, kde jsou již výsledky ve většině případů patologické.

Celkové poškození samohlásky „u“ je převážně v oblasti širší normy, ale nepravidelnost je oproti tomu v normě, a to častěji než u předchozích samohlásek. Patologické výsledky samohlásky „u“ se vyskytují častěji u žen, a to u parametrů míra dyšnosti a šum. Výsledky při porovnávání pohlaví mohly být zkresleny vlivem menšího počtu mužů než žen.

Z výsledků zpracované databáze jasně vyplývá, že existuje přímá spojitost mezi poškozením hlasu a jeho nadměrným používáním. Důležité také je, že do stejné rizikové skupiny jako povolání pedagoga patří také mnohá další povolání, ve kterých je nutné aktivně používat hlas. Proto by bylo vhodné, preventivně sledovat hlas každého člověka, který ho příliš namáhá, aby se předešlo trvalému poškození.

## Seznam použité literatury<sup>1</sup>

- [1] DRŠATA, Jakub, CHROBOK, Viktor (ed.). *Foniatric - hlas*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Tobíáš, 2011. Medicína hlavy a krku. ISBN 978-80-7311-116-8.
- [2] KRČMOVÁ, Marie. FILOSOFICKÁ FAKULTA MASARYKOVY UNIVERZITY. *Fonetika a fonologie* [online]. 2008 [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/ff/js08/fonetika/ucebnice/index.html>
- [3] NAVE, R. Voice. *HyperPhysics* [online]. © 2013 [cit. 2015-06-30]. Dostupné z: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/music/voice.html>
- [4] LUNGOVÁ, Vlasta. Stavba a funkce hlasového ústrojí. *E-learningová podpora mezioborové integrace výuky tématu vědomí na UP Olomouc* [online]. 2012 [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://pfyziolffup.upol.cz/castwiki/?p=2661>
- [5] How the Voice Works. AMERICAN ACADEMY OF OTOLARYNGOLOGY — HEAD AND NECK SURGERY. *ENTConnect Engage network transform* [online]. © 2015 [cit. 2015-06-30]. Dostupné z: <http://www.entnet.org/content/how-voice-works>
- [6] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2006 [cit. 2015-06-29]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/152-zvukove-vlneni>
- [7] KUČERA, Martin, Marek FRIČ a Martin HALÍŘ. *Praktický kurz hlasové rehabilitace a reedukace* [online]. Opočno: M. Kučera, 2010, 57 l. [cit. 2015-06-29]. ISBN 978-80-254-6592-9. Dostupné z: <http://zvuk.hamu.cz/vyzkum/dokumenty/Lit35z.pdf>
- [8] LUNGOVÁ, Vlasta. Stavba a funkce lidského mozku. *E-learningová podpora mezioborové integrace výuky tématu vědomí na UP Olomouc* [online]. 2012 [cit. 2015-06-30]. Dostupné z: <http://pfyziolffup.upol.cz/castwiki/?p=3265>
- [9] *The Brain from Top to Bottom* [online]. 2004, 27.5.2015 [cit. 2015-06-30]. Dostupné z: <http://thebrain.mcgill.ca/avance.php>
- [10] VÁLKOVÁ, Libuše. Hlasové poruchy: Studijní texty k projektu Via aperta. In: *Západočeská univerzita v Plzni: Fakulta pedagogická* [online]. 2. přepracované a rozšířené vydání. 2008 [cit. 2015-06-30]. Dostupné z: [http://www.kpg.zcu.cz/projekty/viaaperta/dokumenty/viaaperta\\_hlasoveporuchy.pdf](http://www.kpg.zcu.cz/projekty/viaaperta/dokumenty/viaaperta_hlasoveporuchy.pdf)
- [11] FRIČ, Marek. *Porovnání parametrů hlasových polí u hlasových profesionálů a začínajících studentů herectví* [online]. In: . Conference: Proceedings of the 4th International Symposium Materiál -Acoustics, 2008, 6 s. [cit. 2015-10-20]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/236982904\\_Porovnn\\_hlasovch\\_parametr\\_hlasovch\\_pol\\_u\\_hlasovch\\_profesionlu\\_a\\_zacnajcch\\_student\\_herectv](https://www.researchgate.net/publication/236982904_Porovnn_hlasovch_parametr_hlasovch_pol_u_hlasovch_profesionlu_a_zacnajcch_student_herectv)

---

<sup>1</sup> Pořadí použitých zdrojů, které jsou uvedeny pod jednotlivými úseky bakalářské práce, závisí na množství informací, které byly z daného zdroje použity.

- [12] HRADECKÁ, Zuzana. *Fyziologie lidského hlasového ústrojí*. Brno, 2007, 105 s. Dostupné také z: [https://is.muni.cz/th/77787/prif\\_m/Fyziologie\\_lidskeho\\_hlasoveho\\_ustroji\\_-\\_diplomova\\_prace.pdf](https://is.muni.cz/th/77787/prif_m/Fyziologie_lidskeho_hlasoveho_ustroji_-_diplomova_prace.pdf). Diplomová práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Monika Dušková, Dr.
- [13] GILÁNIOVÁ, TEREZA. *Analýza náhradních zdrojových hlasů po laryngektomii (po odstranění hlasivek)*. Brno, 2009, 94 s. [cit. 2015-10-22]. Dostupné také z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=18784](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=18784). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. VOJTĚCH MIŠUN, CSc.
- [14] FRIČ, Marek, Zdeněk OTČENÁŠEK a Václav SYROVÝ. *Akustika hlasu: Sborník abstrakt a příspěvků*. Praha: Musical Acoustic Research Centre, 2010. [cit. 2015-07-14]. Dostupné také z: [https://www.wevosys.com/knowledge/\\_data\\_knowledge/76.pdf](https://www.wevosys.com/knowledge/_data_knowledge/76.pdf)
- [15] *LingWAVES Voice Diagnostic Center (VDC) Set*. Wevosys [online]. Německo, ©2014 [cit. 2015-11-23]. Dostupné z: [http://www.wevosys.com/products/lingwaves/lingwaves\\_voice\\_diagnostic\\_center.html](http://www.wevosys.com/products/lingwaves/lingwaves_voice_diagnostic_center.html)
- [16] *Praat: doing phonetics by computer* [online]. Amsterdam, 2014 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: [www.praat.org](http://www.praat.org)
- [17] *Mentio*. <https://www.mentio.cz/> [online]. Praha, ©MartaPetržilková,2012 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z: <https://www.mentio.cz/Nahravani/FrekvencniAnalyza.htm>
- [18] JIRÁSEK, Ondřej. *Vizualizace barvy zvuku - Spektrogram*. Výzkumné centrum JAMU [online]. Brno: Výzkumné centrum JAMU, 2011 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z: <http://www.audified.com/projekt/vavcjamu/page76/page87/page87.html>
- [19] *SpectraPLUS* [online]. Poulsbo, USA, 2011 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z: <http://www.spectraplus.com/>
- [20] SULTER, Arend M., Harm K. SCHUTTE, Donald G. MILLER, Christine SHEARD, Louis HEYLEN, Benoite MILLET, Kristiane Van LIERDE, Jan RAES a Paul H. Van de HEYNING. Differences in phonetogram features between male and female subjects with and without vocal training: A Challenge for Occupational Safety and Health Arrangement. *Journal of Voice*. 1995, 9(4): 363-377. DOI: 10.1016/S0892-1997(05)80198-5. ISSN 08921997.
- [21] *WEVOSYS: Speech and Voice Assessment Tools* [online]. Forchheim Germany, 2014 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://wevosys.com/index.html>
- [22] Orozco-Arroyave, JR - Honig, F. - Arias-Londono, JD. - Vargas-Bonilla, JF. - Skodda, S. - et al.: Voiced/unvoiced transitions in speech as a potential bio-marker to detect Parkinson's disease. In *INTERSPEECH 2015*. Dresden Germany: ISCA - International Speech Communication Association, 2015, p. 95-99. ISSN 2308-457X. [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: [http://sami.fel.cvut.cz/Articles/Orozco-Arroyave\\_2015.pdf](http://sami.fel.cvut.cz/Articles/Orozco-Arroyave_2015.pdf)



- [23] Rusz, J. - Hlavnička, J. - Čmejla, R. - Růžička, E.: Automatic evaluation of speech rhythm instability and acceleration in dysarthrias associated with basal ganglia dysfunction. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2015, vol. 3, art. no. 104, p. 1-11. ISSN 2296-4185. [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4513571>
- [24] Orozco-Arroyave, J. R. - Honig, F. - Arias-Londono, J. D. - Vargas-Bonilla, J. F. - Daqrouq, K. - et al.: Automatic detection of Parkinson's disease in running speech spoken in three different languages. *JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA*. 2016, vol. 139, no. 1, p. 481-500. ISSN 0001-4966. [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26827042>

## **Seznam příloh**

Příloha A: Laboratorní úloha – hlasová analýza (8 stran)

Příloha B: Příloha na CD (obsahuje soubor s kompletní implementací vytvořené aplikace)

# Přílohy

## Příloha A:

### Laboratorní úloha – hlasová analýza

#### 1.1 Cíl úlohy

Prostřednictvím této laboratorní úlohy se naučíte:

- Používat hlasové diagnostické centrum lingWAVES
- Naměřit správně data
- Pracovat s aplikací, vytvořenou pro tuto bakalářskou práci
- Analyzovat výsledná data

#### 1.2 Zadání

1. Prostudujte bakalářskou práci pro měření hlasové analýzy.
2. Zapojte a připravte přístroj pro měření hlasu.
3. Naměřte hlasovou analýzu programem lingWAVES dle popsaného postupu, záznamy pro jednotlivá měření si uložte a zhodnoťte DSI a výsledky ze systému Vospector.  
Proveďte tato měření: Fonetogram (Phonetogram), DSI, Vospector
4. Porovnejte výsledky získané programem lingWAVES s následnou úpravou aplikací přiloženou k bakalářské práci.

#### 1.3 Předpokládané znalosti

Pro tuto úlohu se vyžaduje nastudování:

- JAMROZOVÁ, Iveta. *Laboratorní úloha - hlasová analýza*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. VŠB-TUO, Fakulta elektrotechniky a informatiky. Vedoucí práce MUDr. Eva Mrázková, Ph.D.

#### 1.4 Použité vybavení

- Hlasové diagnostické centrum lingWAVES
  - SPL metr s mikrofonom
  - Pěnová ochrana mikrofону proti šumu a proudu vzduchu
  - Stojan na SPL metr
  - Propojovací kabely
  - Příručka k programu lingWAVES
- Počítač s nainstalovaným softwarem pro lingWAVES
- Aplikace pro hlasovou analýzu, přiložená k bakalářské práci

## 1.5 Teoretický rozbor

Hlas je z fyzikálního hlediska zvuková vlna, která vzniká mechanickým kmitáním hlasivek, můžeme jej proto zaznamenat a analyzovat. Dříve se pro vyšetření hlasu používala především auditivní analýza (vyšetření poslechem), která je velmi subjektivní. S vývojem počítačové techniky byly objeveny nové možnosti analýzy hlasu, založené na výpočtech a měření hlasových parametrů počítačovými programy. Tyto možnosti jsou shrnuty pod akustickou analýzou, která je objektivní a také přesnější. V dnešní době se pro vyšetření využívá zejména akustická analýza, ale pro rozhodnutí, zda je pro pacienta vhodné podstoupit detailnější vyšetření, se stále používá auditivní analýza

Akustická analýza studuje lidskou řeč fyzikálními metodami jako celek. Může být založena na analýze časových a akustických parametrů (multidimenzionální analýza), na spektrální analýze nebo na vyšetření hlasového pole. Analýza hlasu může být použita pro lékařské účely (kontrola správné funkce hlasu nebo s cílem vyřešit již vzniklý problém), ale také například v kriminalistice (rozeznání mluvčího, detektory lži) nebo pro odhalení pojišťovacích podvodů (analýza emocí v hlase volajícího při telefonním hovoru). Analýzu hlasu také často podstupují herci, zpěváci, učitelé a další, kteří ve své práci aktivně používají hlas a přetěžováním nebo špatným používáním by si jej mohli poškodit.

Pro správnou analýzu hlasu je nezbytné nahrát kvalitní hlasový záznam, použít kvalitní mikrofon i další příslušenství a omezit nebo úplně odstranit hluk okolního rušivého prostředí. Důležitá je také vzdálenost vyšetřovaného jedince od mikrofonu, v případě vybraného programu lingWAVES je tato vzdálenost 30 cm. Pro správnou analýzu je také důležitý výběr programu pro analýzu, protože každý program může měřit jiné parametry a může mít jinou přesnost. Program musí obsluhovat dostatečně poučená osoba, která umí s vybraným programem zacházet a umí jej správně nastavit. Velkým dílem ovlivňuje kvalitu nahrávky také spolupráce vyšetřovaného jedince s obsluhou.

Pro měření je v této laboratorní úloze k dispozici hlasové diagnostické centrum lingWAVES (Voice Diagnostic Center – VDC). Pro analýzu hlasu existují také mnohé další programy, například Real Voice Lab, Mentio, SpectraPlus, nebo Praat. Bližší detaily o programu lingWAVES i dalších zmíněných je možno nastudovat v bakalářské práci nebo v příslušné příručce k programu.

Hlavní měřené parametry, které pro tuto laboratorní práci použijete, jsou:

*Maximální fonační doba (MPT)* – Měření délky fonace při maximální síle hlasu, po zátěži a bez zátěže. Podrobnější informace se nacházejí u pojmu délka fonace.

*Míra dyšnosti (GNE)* – Zastoupení turbulentního šumu v hlase. Vytváří se při nedostatečně dovřených hlasívkách.

*Nepravidelnost (Irregularity)* - Je zapříčiněna zastoupením neharmonických složek v hlase, tedy nepravidelnou vibrací hlasivek.

*Šum (Noise)* – Přítomnost rušivých složek v hlase. Správně by hlasový signál neměl obsahovat žádnou složku šumu. Výjimkou je šepot, kde je šum nedílnou součástí. Šum souvisí také s dyšností.

*Celkové poškození (Overall Severity)* – Neschopnost správné tvorby hlasu, projevuje se například jako chrapot. Závisí na drsnosti a šumu.

## 1.6 Pracovní postup

### 1.6.1 Postup k bodu č. 1 zadání

Prostudujte bakalářskou práci „*Laboratorní úloha - hlasová analýza*“, viz 1.3. Nastudujte si návod pro hlasové diagnostické centrum lingWAVES a jeho funkce, přípravu a průběh vlastního měření, posuzované hlasové parametry a použití vytvořené aplikace včetně jejích výhod.

### 1.6.2 Postup k bodu č. 2 zadání

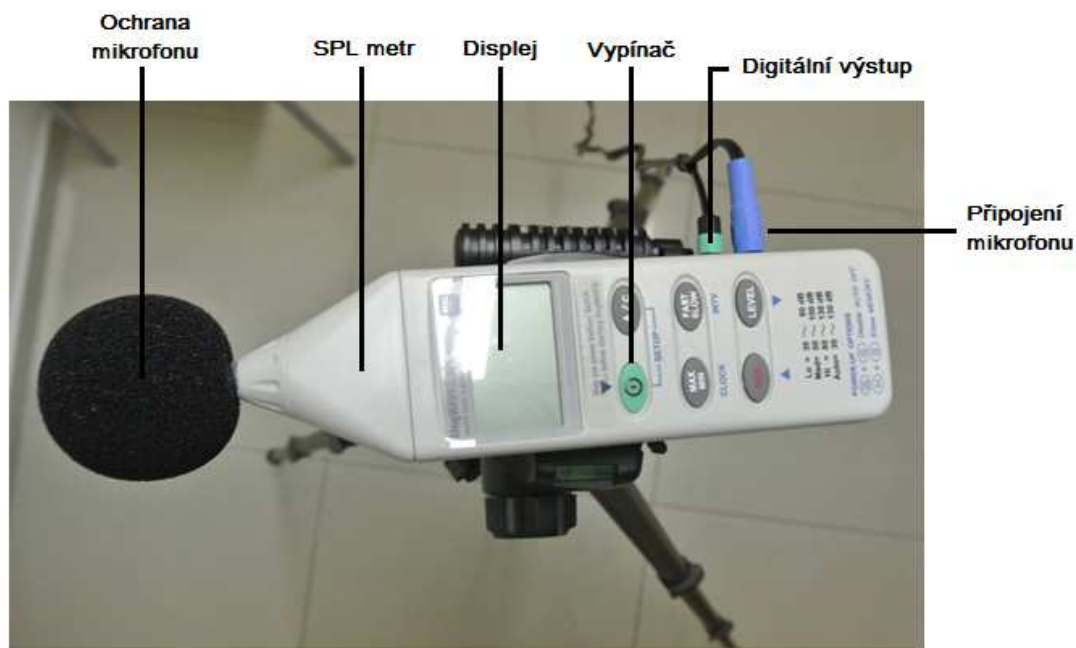
Zapojte přístroj podle postupu v bakalářské práci, výsledné zapojení ukazuje

*Obrázek 1.*

1. Postavte stojan na SPL metr tak, aby byl stabilní a přizpůsobte jeho polohu výšce pacienta.
2. Na hlavici stojanu upevněte SPL metr.
3. Nasadte pěnovou ochranu proti šumu a proudu vzduchu na mikrofon SPL metru.
4. Propojovacími kabely připojte SPL metr k počítači se softwarem pro lingWAVES. (Viz *Obrázek 2*)
  - Zelený kabel (nalevo) je zapojen do zdířky RS-232. Modrý kabel (napravo) je zapojen do zdířky OUTPUT. Druhá strana kabelů je připojena k počítači USB konektory.
5. Zapněte SPL metr zeleným tlačítkem se znakem pro vypínač (kolečko s čárkou uvnitř), který se nachází na vrchní straně SPL metru. Počkejte, až přístroj začne měřit intenzitu hluku v okolí a zobrazovat tuto hodnotu na displeji.
6. Zajistěte, aby bylo měření prováděno v tiché místnosti (hluk nižší než 40 dB) a aby se v místnosti nevytvářela ozvěna. Dále dbejte na to, aby pacient dodržoval vzdálenost mikrofonu od úst 30 cm.



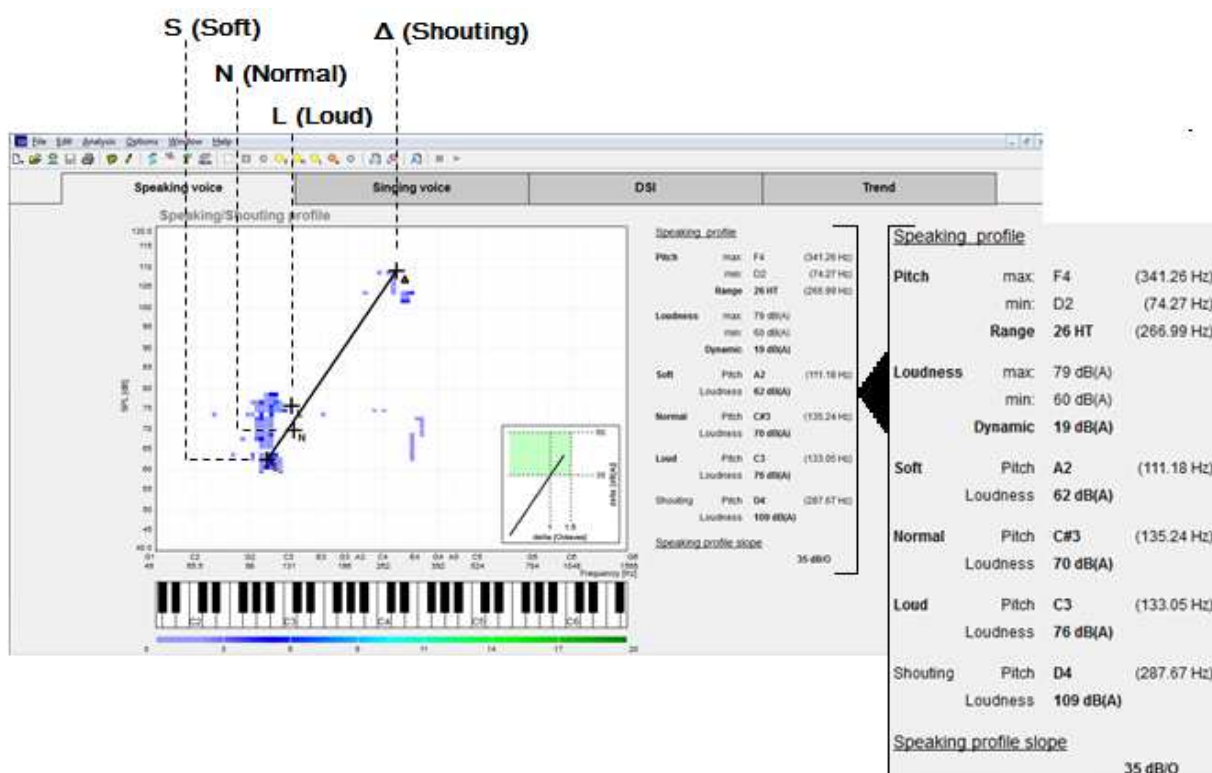
Obrázek 1: SPL metr upevněný na stojanu



Obrázek 2: SPL metr – pohled shora

### 1.6.3 Postup k bodu č. 3 zadání

1. Zapněte program lingWAVES3, modrá ikonka na ploše počítače.
2. Vložte složku nového pacienta (záložka File → New Patient nebo s použitím ikony v panelu nástrojů pro rychlý přístup).
3. Vytvořte nové měření – Phonetogram VDC (Obrázek 3 ukazuje, jak má výsledek přibližně vypadat)
  - i) Proveďte záznam mluvního hlasu (záložka Speaking voice) – pacient počítá od 21 do 40 normálním hlasem.
  - ii) Stejný postup jako v bodě i) opakuje pacient tichým hlas (ne šeptem).
  - iii) Stejný postup jako v bodě i) opakuje pacient hlasitým hlasem (ne křikem).
  - iv) Zaznamenejte co nejhlasitější zvolání věty: „Hej, co tam děláš?“
  - v) Záznam jednotlivých úkonů zahájíte stiskem příslušné ikony v panelu nástrojů pro rychlý přístup:
    - Ikona se žlutým kolečkem a písmeny S (pro tichý hlas), N (pro normální hlas) a L (pro hlasitý hlas)
    - Ikona se žlutočerveným kolečkem a znakem Δ pro zvolanou větu
  - vi) Záznam jednotlivých úkonů ukončíte stiskem červené ikony „stop“ v panelu nástrojů pro rychlý přístup.
  - vii) Naměřené výsledky záznamu uložte.



Obrázek 3: Phonetogram VDC – ukázka

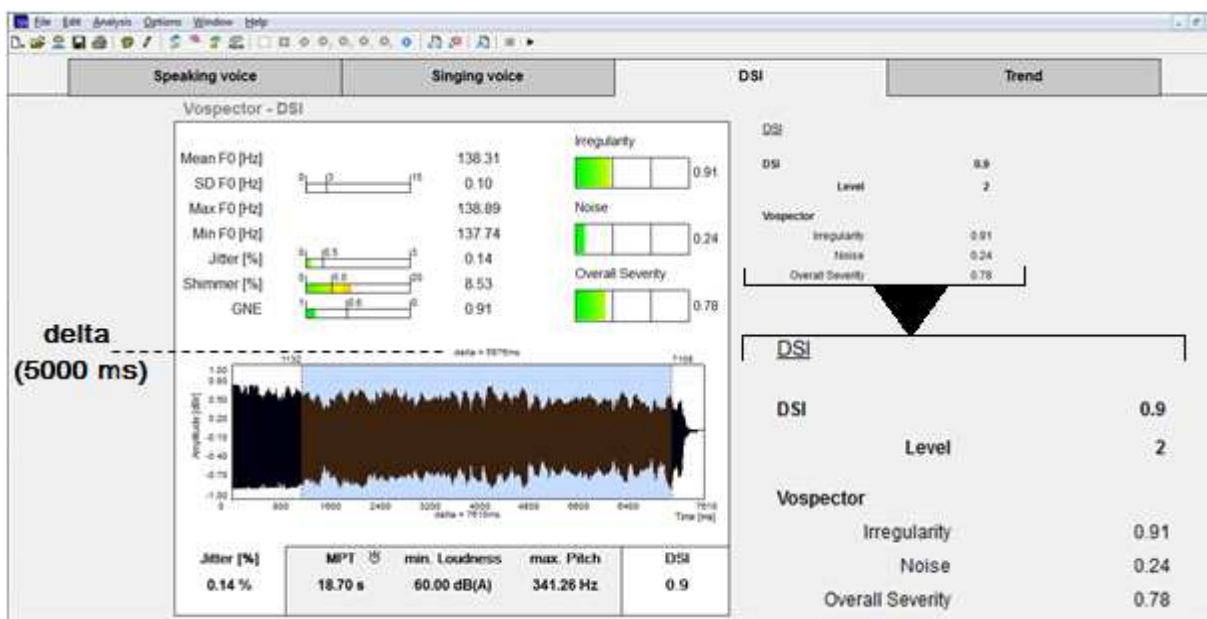
4. Ve vytvořeném měření Phonetogram VDC vyberte třetí záložku v horní části obrazovky s nápisem DSI (*Obrázek 4* ukazuje, jak má výsledek přibližně vypadat)

Proveďte záznam DSI:

- i) Nahrajte 5 s fonace samohlásky „a“:
  - Záznam zahájíte kliknutím na ikonu s modrým kolečkem.
  - Záznam ukončíte kliknutím na červenou ikonu „stop“.
- ii) Pokud se oblast fonace neoznačí automaticky, označte ji myší.
- iii) Změřte maximální čas fonace – délka záznamu prodloužené fonace samohlásky „a“
  - Měření maximálního času fonace zahájíte i ukončíte kliknutím na obrázek stopek u parametru MPT.
- iv) Přepište hodnoty minimální hlasitosti (min. Loudness) a maximální frekvence (max. Pitch) z první záložky „Speaking voice“.

Pokud splníte všechny předcházející body, vypočítá se DSI.

- v) Vyhodnoťte vámi naměřený výsledek pomocí tabulky hodnocení DSI, která je k této laboratorní úloze přiložena (*Tabulka 1*).
- vi) Naměřené výsledky záznamu uložte.



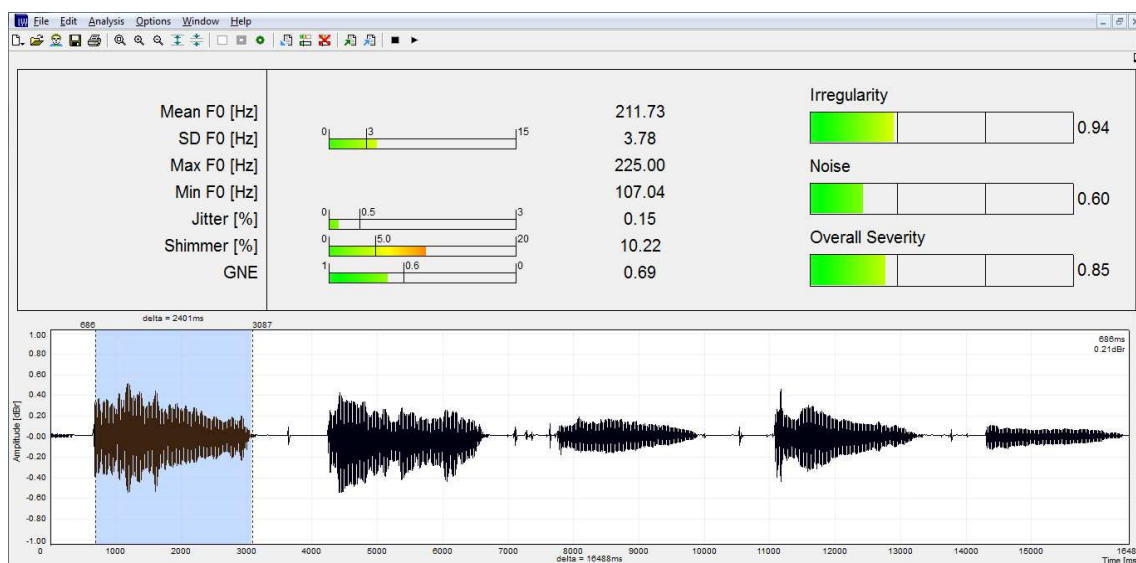
Obrázek 4: DSI – ukázka



Tabulka 1: Číselné i slovní hodnocení indexu DSI [15]

skupina	rozsah DSI	popis
0	< -2,0	Silná přetrvávající afonie, pacient není schopen tvořit hlas
1	-1,9 až +0,3	Stálá dysfonie: sporadické periody fonace, mohou být přítomny afonické periody
2	+0,4 až +2,2	Mírná dysfonie: pacient může vytvářet hlas, ale existují časté periody dysfonie
3	+2,3 až +3,3	Lehká až střední dysfonie: méně časté periody narušené fonace nebo mírná přetrvávající dysfonie
4	+3,4 až +4,3	Lehká dysfonie: sporadické dysfonické momenty v krátkých periodách
5	> +4,4	Žádná dysfonie

5. Vytvořte nové měření – Vospector (*Obrázek 5* ukazuje, jak má výsledek přibližně vypadat – vybraná ukázka je pro samohlásku „a“)
  - i) Proved'te záznam samohlásek
    - Pacient fonuje samohlásky v tomto pořadí: „a“, „e“, „i“, „o“, „u“.
    - Všechny samohlásky nahrajte do jednoho záznamu.
    - Fonace jednotlivých samohlásek by měla trvat 3 s a měla by mezi nimi být odmlka dlouhá 1 s.
  - ii) Záznam zahájíte ikonou se zeleným kolečkem a ukončíte červenou ikonou „stop“.
  - iii) V záznamu označte postupně oblasti všech samohlásek a výsledky každé z nich uložte.
  - iv) Zhodnoťte, zda jsou dané parametry v normě (zelená oblast), v širší normě (žlutá až oranžová oblast) nebo zda je výsledek pozitivní (červená oblast).
  - v) Porovnejte výsledky u jednotlivých samohlásek a parametrů a vyhodnoťte míru poškození. Hodnocení podle naměřených hodnot jednotlivých parametrů popisuje *Tabulka 2*.



Obrázek 5: Vospector – ukázka analýzy samohlásek

Tabulka 2: Číselné rozdělení oblastí míry poškození u jednotlivých parametrů – v lingWAVES

	Norma	Širší norma	Pozitivní výsledek
Míra dyšnosti	1-0,6	0,59-0,2	0,19-0
Nepravidelnost	0-1	1,01-2	2,01-3
Šum	0-1	1,01-2	2,01-3
Celkové poškození	0-1	1,01-2	2,01-3

#### 1.6.4 Postup k bodu č. 4 zadání

- 1) Spustíte aplikaci s názvem „Hlasová analýza - aplikace“.
- 2) Přepište do spuštěné aplikace hodnoty získané systémem Vospector. Konkrétně hodnoty parametrů míra dyšnosti, nepravidelnost, šum a celkové poškození samohlásek „a“, „i“, „u“.
- 3) Stiskněte tlačítko „Potvrdit hodnoty parametrů samohlásky „a““ (nebo „i“ nebo „u“).
- 4) Porovnejte hodnocení výsledků, které jste získali programem lingWAVES, s hodnocením upraveným pomocí aplikace, přiložené k bakalářské práci.
- 5) Všimněte si, že jeden z parametrů není vykreslený na takové číselné hodnotě, na jaké byste jej čekali. Zamyslete se nad tím, proč to tak je.
- 6) Pokuste se zamyslet také nad dalšími možnostmi zpřesnění hodnocení nebo přehlednější vizualizace.